



В. Р. ИЛЬЧЕНКО

**Формирование
естественно-
научного
миропонимания
школьников**

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК
СРОКОВ ВОЗВРАТА

КНИГА ДОЛЖНА БЫТЬ
ВОЗВРАЩЕНА НЕ ПОЗЖЕ
УКАЗАННОГО ЗДЕСЬ СРОКА

Колич. пред. выдач.

З ТМО Т. 2 шлн. 3, 466

В. Р. КОЗЛОВ
Форм
естес
научн
мирог
школь

Книга
для учителя

63

ЦЕНТРАЛ
БИБЛИОТЕКА
МОСКВА

В. Р. ИЛЬЧЕНКО

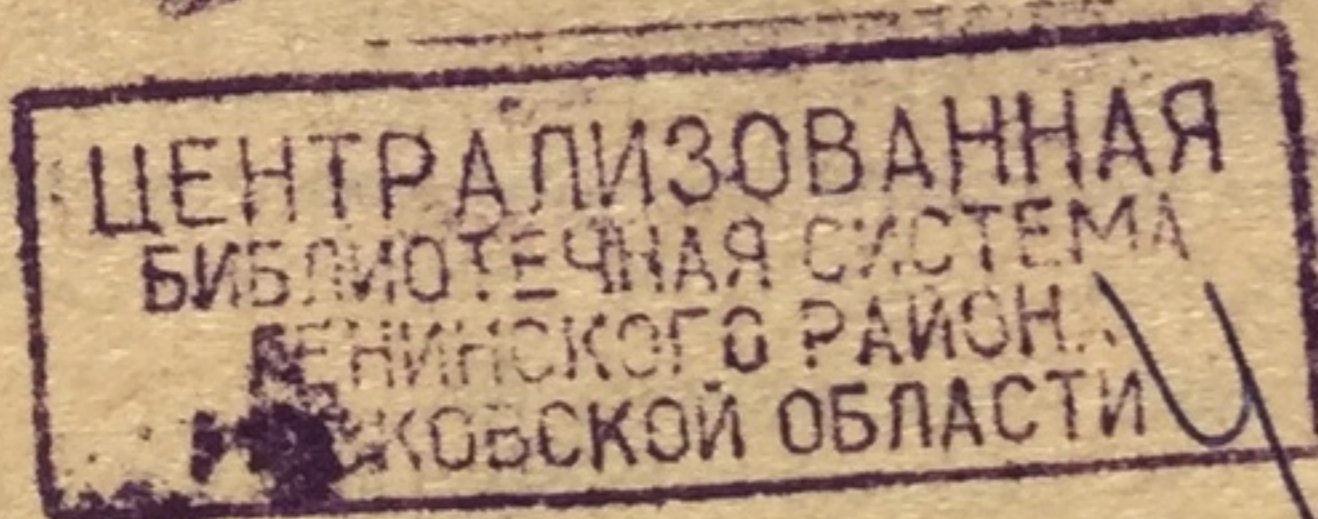
24.262

И 48

Формирование естественно- научного миропонимания школьников

Книга
для учителя

ПОГАШЕНО
63113. (22)



МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1993

ББК 74.264
И48

Ильченко В. Р.
И48 **Формирование естественнонаучного миропонимания школьников: Кн. для учителя.** — М.: Просвещение, 1993. — 192 с. — ISBN 5-09-004036-2.

В книге аргументированно выделены фундаментальные закономерности природы и предложена методика их изучения в школьных курсах физики, химии и биологии с целью формирования в сознании учащихся единой естественнонаучной картины мира.

И 4306010000—255
103(03)—93 66—93, инф. письмо—93

ББК 74.264

ISBN 5-09-004036-2

© Ильченко В. Р., 1993

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель, е-
шите отложить ее в сторо-
некоторой степени это дол-
ны? То, что взяли у наших
носящие поля, воспитание
торым отличалась народна-
доть порядок на наших пол-
рядок в головах тех, кому
тать детей с целостным со-
в природе — и человек то-
неизбежным законам.

В полный голос мы заго-
гическом мышлении. Загово-
мотность, технологический д-
поставили мир на грань эко-
сформировать новое мышле-
как воспитать такие нравств-
чувствовал себя частицей пр-
Как говорил К. Д. Ушин-
полезная и самая доступная
чтобы она понятна была уча-
ных естественнонаучных пред-
или знание о мире природы.

миропонимание целостно, его
добавлять сборке механизма
гим предметам. Каждый по ф-
быть одновременно и форми-
учащегося, единой системы з-
В этой книге вы
обучения, специфич-
естественнонауч-

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Теоретические основы формирования естественнонаучного миропонимания учащихся	7
1. Миропонимание и систематизация знаний	—
2. Психолого-педагогические проблемы систематизации знаний и формирования целостного миропонимания	14
3. Принципы формирования ЕНКМ и содержание естественнонаучного образования	21
4. Основания естественнонаучной картины мира	28
5. Отражение фундаментальных закономерностей природы в содержании естественнонаучного образования	39
6. Изменение учебных программ с целью их ориентации на формирование ЕНКМ	54
7. Методы формирования ЕНКМ и их роль в выделении ядра естественнонаучного знания	63
8. Содержание знаний, входящих в обобщенные естественнонаучные идеи	77
Глава II. Формирование естественнонаучного миропонимания	91
1. Методические проблемы формирования ЕНМП и организация работы учителей	—
2. Пропедевтическое формирование «образа природы» в VII классе	97
3. Формирование ЕНМП учащихся VIII класса	108
4. Формирование ЕНМП учащихся IX класса	129
5. Развитие ЕНМП учащихся X класса	142
6. Формирование ЕНМП выпускников	161
Заключение	187
Литература	189

Учебное издание

Ильченко Вера Романовна

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МИРОПОНИМАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Зав. редакцией **Н. В. Хрусталь**. Спец. редактор **А. В. Чеботарева**.
Редактор **Г. Н. Федина**. Младший редактор **Е. В. Казакова**. Художествен-
ный редактор **В. М. Прокофьев**. Технический редактор **Н. Н. Бажанова**.
Корректор **Н. С. Соболева**.

ИБ № 14293

Сдано в набор 04.10.91. Подписано к печати 24.04.92. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. типогр. № 2.
Гарнит. литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,08+0,84 вкл.+0,21 форз. Усл. кр.-отт.
14,54. Уч.-изд. л. 11,71+0,80 вкл.+0,25 форз. Тираж 12 000 экз. Заказ 527.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и
информации Российской Федерации. 127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с диапозитивов Саратовского ордена Трудового Красного Знамени полиграфиче-
ского комбината Министерства печати и информации Российской Федерации. 410004, Саратов,
ул. Чернышевского, 59 на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом
комбинате Министерства печати и информации Российской Федерации. 142300, г. Чехов Мо-
сковской области.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Уважаемый читатель, если вы открыли эту книгу, не спешите отложить ее в сторону — она не случайна для вас. В некоторой степени это долг нашим детям. А что мы им должны? То, что взяли у наших дедов. Чистые леса и реки, плодородные поля, воспитание на основе законов природы, которым отличалась народная педагогика. Прежде чем наводить порядок на наших полях и в лесах, следует навести порядок в головах тех, кому мы оставляем землю, — воспитать детей с целостным сознанием, с убеждением, что все в природе — и человек тоже! — подчиняется ее единым и неизбежным законам.

В полный голос мы заговорили сегодня о новом экологическом мышлении. Заговорили потому, что наша безграмотность, технологический диктат по отношению к природе поставили мир на грань экологической катастрофы. Но как сформировать новое мышление? На основе каких знаний и как воспитать такие нравственные качества, чтобы человек чувствовал себя частицей природы?

Как говорил К. Д. Ушинский, логика природы — самая полезная и самая доступная логика для детей. Необходимо, чтобы она понятна была учащимся при изучении ими отдельных естественнонаучных предметов, на которые мы расчленили знание о мире природы. Как соединить получаемые при изучении знания в сознании учащихся? Мировосприятие, миропонимание целостно, его формирование не должно уподобляться сборке механизма на конвейере: «ввинчиванию», подобно деталям, знаний по физике, химии, биологии и другим предметам. Каждый момент получения знаний должен быть одновременно и формированием целостности сознания учащегося, единой системы знаний о природе — интегрального ее образа.

В этой книге вы найдете принципы, методы и формы обучения, специфические для формирования целостного естественнонаучного миропонимания учащихся, структуру и

содержание знаний о природе, позволяющие формировать целостную систему знаний о ней начиная с VII класса. В предлагаемой концепции интеграция знаний осуществляется на основе общих для всех предметов естественнонаучного цикла фундаментальных закономерностей природы. С ними связывается управление процессом формирования целостности сознания учащихся, понятия интегрального «образа природы», их умственного, нравственного, эстетического воспитания.

Если вам покажется несколько непривычным последнее выражение, рассмотрите на первом форзаце «образ природы», предложенный ученицей VIII класса одной из полтавских школ, обратите внимание на центральную часть «образа»: лебедь, плавающий в воде, обрамлен тремя concentрическими окружностями, символизирующими три фундаментальные закономерности природы — сохранение, направленность процессов в природе и их периодичность. С ними через специфические закономерности и законы, изученные в курсах физики, химии, биологии VIII класса, связаны знания о природе, которые ученица посчитала нужным показать в своем «образе природы». Символ мира природы для этой ученицы — лебедь. Красота, вечная любовь и преданность как выражение закономерностей сохранения — симметрии, направленности процессов в природе, ее гармонии.

В объяснительной записке к «образу природы» украинская девочка пишет: «Как хорошо, что эти природные законы неделимы (едины для всего сущего — так понимает она это выражение) и никто их не может изменить». И оканчивает записку собственными стихами:

Моя рідна природо,
як вірно тебе я люблю
за чарівну твою тиху вроду,
за вічну правду твою.

Заметьте, ребенок любит природу не за воздух, воду или хлеб, без которых нельзя жить, а за «вечную правду», без которой жизнь не нужна. Правда детям необходима больше, чем воздух без радиации и хлеб без нитратов, и они должны видеть, что эта правда, как река, проистекает из законов природы, единых для всего сущего. Тысячи образов природы, созданных учениками, прошли передо мной за десятилетия работы в школе. Среди них не было двух одинаковых, как нет двух людей с одинаковыми отпечатками пальцев. Но в своем стремлении к справедливости, объективной, не зависящей от авторитетов правде дети едины. Пони-

манию и осмыслению ее способствует правильное развитие мышления учащихся, систематизация знаний на основе фундаментальных законов природы. Еще древние понимали, что многознайство не научает уму, что есть единая мудрость — постигать знание, которое правит всем через все, а блаженство состоит в исследовании главнейших причин всех вещей. Однако нашим школьникам в процессе обучения не всегда открываются главнейшие причины всех вещей. Попробуйте на различных уроках задать один и тот же вопрос учащимся IX—XI классов: «Какие из изученных законов вы отнесете к основным законам природы и почему?» Большинство из них перечислят подряд все словосочетания с выражением «закон», которые им встречались на уроках физики, химии и биологии — в зависимости от того, на уроке какого предмета будет поставлен вопрос. Не только основные законы, но и электроны, и атомы, и кристаллы, и другие объекты окружающего мира учащиеся делят на физические, химические, биологические, не связывая их с объективной реальностью. Одна из причин этого в том, что знания, получаемые ими на протяжении всего обучения в школе, предстают в виде разобщенных, не связанных между собой общими законами природы. В данном пособии предпринята попытка показать теоретически обоснованные, экспериментально проверенные методы формирования естественнонаучного миропонимания учащихся как системы знаний, образованной на основе фундаментальных закономерностей природы, и мыслительного процесса по созданию этой системы.

В первой главе пособия раскрываются методологические предпосылки, которые привели автора к выводу о необходимости изменения содержания естественнонаучного образования с целью его ориентации на развитие и саморазвитие целостности сознания личности, на формирование естественнонаучной картины мира.

Вторая глава отражает многолетний личный опыт работы автора в школе, а также опыт учителей физики, химии, биологии, применявших рекомендуемую методику. Она будет полезна не только учителю физики, но, как считает автор, и учителям других предметов, поскольку методика подведения учащихся к естественнонаучному миропониманию едина, специфично только содержание предмета, на материале которого оно формируется.

Настоящее пособие является продолжением работы автора, которая отражена в двух ранее изданных пособиях, посвященных интеграции получаемых учащимися естественнонаучных знаний.

Книга для учащихся «Перекрестки физики, химии и биологии» (М.: Просвещение, 1986) может служить учебным пособием для старшеклассников при формировании на уроках физики, химии, биологии теоретических обобщений на базе естественнонаучных идей, общих законов природы и естественнонаучной картины мира. Пособие «Взаимосвязи при изучении общих законов природы в школе» (М.: Просвещение, 1989) — учебно-наглядное; оно включает 16 таблиц, охватывающих основные понятия курсов физики, химии, биологии VII—XI классов, и методические указания для учителей физики, химии и биологии. Его можно использовать при подготовке к занятиям, а также на уроках природоведческих дисциплин.

Настоящее пособие (вместе с двумя вышеназванными) предназначено для использования в процессе изучения естествознания в школе и в том случае, когда оно представлено отдельными предметами — физикой, химией, биологией, и в том случае, когда оно изучается в интегративном курсе. Книга может быть полезна при изучении завершающего интегрированного курса «Эволюция естественнонаучной картины мира», а также студентам физических и естественных факультетов педагогических институтов при изучении ими спецкурса «Формирование у школьников представлений об эволюции естественнонаучной картины мира».

Пользуясь случаем, выражаю благодарность академику В. Г. Разумовскому за помощь в работе над рукописью. Выражаю искреннюю признательность В. Н. Мощанскому, Б. Д. Комиссарову за внимательное отношение к рукописи и замечания, существенно улучшившие ее, а также учителям средних школ № 28 и 32 г. Полтавы Г. И. Дроцкой, А. А. Дорошенко, Н. А. Гуриненко, Г. Г. Бойкову, Е. Г. Стародубцевой, принимавшим участие в работе над внедрением идей автора в практику школы.

Автор

Издательство приносит свои извинения автору и читателю за вынужденное снятие форзацев

Глава I.
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО

1. МИРОПОНИМАНИЕ И СИСТЕМА

В методологии науки понятие мировоззрения — это определенный аспект мировоззрения, который включает в себя представление о природе, обществе, человеке. Мировоззрение включает умение познавать и преобразовывать действительность, использовать ее как инструмент для достижения целей, а также принципы и готовность к реализации идеалов.

В составе мировоззрения выделяют мировоззренческие обобщенности идей. К самым общим относятся философские обобщенности. На следующем уровне находятся социально-научные обобщенности. Эти обобщенности составляют основу естествознания и включают знания о наиболее общих законах природы и общества.

В данном пособии под естествознанием (ЕНМ) понимается совокупность знаний о природе, образующаяся в процессе познания естественных закономерностей и их использования в практической деятельности.

В процессе естествознания используются различные методы познания, которые можно разделить на эмпирические и теоретические. Эмпирические методы основаны на непосредственном наблюдении и эксперименте. Теоретические методы основаны на логическом анализе и построении моделей.

Глава I.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МИРОПОНИМАНИЯ УЧАЩИХСЯ

«Все вещи находятся во вселенной и вселенная во всех вещах; мы — в ней, она — в нас. Так все сходится в совершенном единстве».

Дж. Бруно

1. МИРОПОНИМАНИЕ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ

В методологии науки под миропониманием понимают понятийный аспект мировоззрения, систему обобщенных знаний о природе, обществе, месте человека в мире. Мировоззрение включает умение пользоваться этими знаниями для познания и преобразования мира, убежденность в истинности их как инструмента деятельности, основные идеалы, принципы и готовность к реализации и защите убеждений и идеалов.

В составе мировоззрения выделяют несколько уровней обобщенности идей. К самому высокому относят те из них, которые составляют содержание материалистической философии. На следующем уровне обобщения стоят знания, составляющие основы естественнонаучной картины мира и социальной картины общества и его развития. Каждая из них включает знания о наиболее общих законах существования и развития соответственно природы и общества, наиболее обобщенные знания о методах и о процессе познания природы и общества.

В данном пособии под естественнонаучным миропониманием (ЕНМП) учащихся понимается система знаний о природе, образующаяся в их сознании в процессе изучения естественнонаучных предметов, и мыслительная деятельность по созданию этой системы. Рассмотрим, как ЕНМП связано с видами систематизации знаний, используемых при изучении естественнонаучных предметов.

В процессе обучения различают классификацию, систематизацию и обобщение знаний учащихся. Классификация объектов, изучаемых естественнонаучными дисциплинами, осуществляется на основе какого-либо существенного признака, позволяет выделить то существенное, общее, что объединяет объекты в систему. К систематизации приводит

установление причинно-следственных связей и отношений между изучаемыми явлениями, выделение основных единиц материала, закономерностей и подчиняющихся им явлений, процессов. Как и в случае классификации, при этом используются таблицы, схемы, графы.

Классификация и систематизация сопровождаются процессом формирования обобщений. Он состоит в том, что учащийся посредством сравнений выделяет некоторые повторяющиеся свойства группы предметов. При этом происходит, с одной стороны, поиск и обозначение словом некоторого инварианта в многообразии свойств предметов, с другой — опознание предметов данного многообразия с помощью выделенного инварианта. Если в процессе обобщения учащийся оперирует непосредственно ощутимыми признаками изучаемых предметов, то он получает эмпирические обобщения. На этой логической основе построены многочисленные определители в естественных науках. При формировании содержательных обобщений очень важно открыть некоторую закономерность, необходимую взаимосвязь отдельных и единичных явлений с общей основой некоторого целого, открыть закон становления внутреннего единства этого целого [9, с. 127]. Формирование их при изучении естественнонаучных предметов требует оперирования общими для всего естествознания законами, выявляющими единство знаний о природе. Этот процесс определяется несколькими уровнями систематизации знаний. В педагогической литературе выделяются следующие их уровни: научных фактов, научных понятий, законов, а также локальной, естественнонаучной, общей научной картины мира [36, с. 230]. Чтобы установить, как они соотносятся с естественнонаучным миропониманием, рассмотрим его сущность.

Содержание понятия «миропонимание» можно раскрыть через составляющие его понятия «мир» и «понимание». Первое из них в научной и философской литературе трактуется как установленный порядок, или миропорядок, альтернативный хаосу. Порядок в знаниях о явлениях и процессах природы устанавливается на основе ее фундаментальных закономерностей, раскрывающих единство всех этих процессов и явлений. Мир природы можно понимать как область бытия, выделяющую предельную сферу функционирования основных закономерностей природы, сквозных для всех форм движения материи, изучаемых естествознанием. В качестве таких закономерностей в научной литературе называются принципы экстремальности, причинности, сохранения, симметрии и др. Авторы отмечают, что физическое содержание принципов не означает, что категория «мир»

по своему содержанию носит физический характер. Физика здесь используется лишь в той мере, в какой она исследует определенный аспект универсальных закономерностей, характерных для анализа миропорядка. Но сами по себе эти закономерности подлежат компетенции многих, в том числе и социальных, наук [24, с. 68—82].

Понимание — один из основных видов сложной мыслительной деятельности, заключающейся в раскрытии существенного в предметах и явлениях действительности. Оно ставит целью постижение исследуемых явлений во всей их целостности. Расчлененность, изоляция явлений мешают их пониманию. Хотя в ходе познания анализ и синтез дополняют друг друга, в процессе понимания синтез завершает аналитическую сторону исследования и является главным.

Понимание мира достигается благодаря открытию единых, устойчивых структур, лежащих в основе многообразия изменяющихся явлений — фундаментальных закономерностей, свойственных миру. Процесс понимания — системный по своему характеру, он происходит в результате взаимодействия частей и целого. Чтобы понять нечто, надо располагать предпониманием целого, а затем перейти к изучению его частей. Последующий синтез знания о частях будет способствовать более полному и глубокому пониманию целого: включение в него знаний о частях будет расширять горизонт понимания [39, с. 41]. Таким образом, естественнонаучное миропонимание школьника можно определить как мыслительную деятельность, в процессе которой он при помощи фундаментальных закономерностей организует в единую систему знания, получаемые при изучении естественнонаучных предметов. В ряду уровней систематизации это самый высокий уровень систематизации, предшествующий систематизации на основе философских идей. ЕНМП можно также определить как систему знаний о природе, присвоенную сознанием учащегося. Как мировоззренческая форма знания, эта система извлекается индивидуумом из системы знаний о природе, сформированной и заданной обществом, — из естественнонаучной картины мира (ЕНКМ). ЕНКМ и ЕНМП представляют собой различные системы мировоззренческого знания: первая целостно характеризует общественное сознание в отношении понимания природы; вторая, отражая ЕНКМ, проявляет себя у каждой личности индивидуально по объему, характеру и содержанию деятельности. ЕНМП учащихся извлекается из ЕНКМ и имеет с ней сходство в том, что также представляет самую общую систему знаний о природе и основаниями ее установления являются фундаментальные закономерности природы. Та-

ким образом, ЕНКМ является средством формирования ЕНМП учащихся, учебный процесс должен предоставлять им это средство.

Анализ сущности понятия ЕНКМ показывает, что оно, как и понятие «миропонимание», может быть представлено как система знаний, установленная на основе фундаментальных закономерностей природы.

Поскольку в педагогической литературе понятие ЕНКМ анализировалось слабо, остановимся на всех трех терминах, его выражающих. Термин «мир» нами уже рассматривался выше. Но и еще раз можно подчеркнуть, что обращение к нему предполагает установление в знаниях о природе определенного порядка, использование фундаментальных закономерностей для уточнения горизонта систематизации знаний, полученных в результате синтеза различных естественнонаучных дисциплин. «Мир» физических, химических, биологических и других явлений также предполагает определенный горизонт систематизации знаний, фиксирующий целостное «видение» предмета соответствующей дисциплиной на том или ином этапе ее развития. Таким образом, понятие «мир» неразрывно связано с пониманием применения фундаментальных, непрерывных, т. е. не допускающих пропуска объектов, составляющих «мир», закономерностей для выделения этого мира, установления миропорядка. «Мир» характеризуется самодостаточностью закономерностей, детерминирующих все многообразие его явлений. И если программа какого-либо учебного предмета требует от учителя формирования в сознании учащихся естественнонаучной картины мира, то тем самым признается, что фундаментальные закономерности природы, указанные в этой программе, являются исходными — базисными элементами естественнонаучных знаний, сквозными принципами объяснения явлений природы и обобщения знаний о ней.

Обратившись к термину «картина», можно заметить, что он имеет метафоричный смысл, так как ассоциируется с наглядной, красочной картиной природы, фиксируя потребность человека в наглядности представлений о мире. В современном научном знании понятие наглядности изменилось. Под наглядностью подразумевается не «картина» — чертеж, график, формула и т. д., а логическая форма знания, каковой выступает ЕНКМ. Поэтому вместо термина «картина мира» ныне чаще употребляются термины «модель мира», «интегральный образ мира», «теоретический аналог мира» и др., подчеркивающие роль законов природы, отраженных в виде формул, графиков и т. д., в описании миропорядка.

По нашему мнению, приведенные словосочетания лучше отражают смысл ЕНКМ, так как в большей степени выражают необходимость применения законов природы для наглядного изображения знаний о ней.

Термин «научная», относящийся к картине мира, также многозначен; он означает: «возникшая в науке», «функционирующая в науке», «истинная», «объективная». Именно в последнем значении слово «научная» употребляется в понятии ЕНКМ. Объективность или истинность, можно установить на основе законов науки, поскольку закон и истина — это одно и то же. Следовательно, «научная картина» основана на фундаментальных объективных законах. Если речь идет о ЕНКМ, то должны иметься в виду наиболее общие закономерности природы, объясняющие отдельные явления и частные законы.

Итак, во всех трех терминах, входящих в понятие ЕНКМ, прослеживается содержание фундаментальных закономерностей природы: они составляют суть этого понятия, как и понятия «естественнонаучное миропонимание».

Целостность формирования естественнонаучного миропонимания учащихся требует, чтобы изучение естественнонаучных предметов включало межпредметный процесс формирования ЕНКМ. При этом основанием для интеграции знаний, систематизации их в ЕНКМ должны быть фундаментальные закономерности природы.

В исследованиях, посвященных формированию ЕНКМ, находим мнение о том, что ЕНКМ строится и упорядочивается при помощи системы философских принципов и категорий, а «частные научные картины мира являются тем непосредственным материалом, на базе которого складывается единая ЕНКМ» [8, с. 16]. С. У. Гончаренко не показывает, как и в каких классах философские идеи и категории должны применяться для создания ЕНКМ из частных картин мира, но отмечает, что это очень трудная задача.

Мы считаем, что материалом для составления ЕНКМ могут быть знания каждой темы предметов естественнонаучного цикла — не надо ожидать, пока в каждом из них будет сформирована частная картина мира (физическая, химическая, биологическая и т. д.). Получаемые на каждом уроке, при изучении каждой темы знания могут систематизироваться на основе фундаментальных закономерностей природы в единую систему — ЕНКМ. Как указывает Ф. Энгельс, «современный материализм является по существу диалектическим и не нуждается больше ни в какой философии, стоящей над прочими науками. Как только перед каждой отдельной наукой ставится требование выяснить свое

место во всеобщей связи вещей и знаний о вещах, какая-либо особая наука об этой всеобщей связи становится излишней» [1, с. 25]. Сказанное не означает, что ЕНКМ изолирована от философии. Будучи наиболее общей частью естествознания, она ближе других его разделов стоит к философским принципам и категориям, является особым промежуточным звеном между философией и естественнонаучными теориями.

Упорядочение получаемых на уроках различных предметов знаний в единую ЕНКМ может происходить путем их объяснения, обоснования на основе фундаментальных закономерностей. В этом процессе такие закономерности выступают в качестве «аксиом» естествознания — логических оснований, единых для предметов естественного цикла. Формирование ЕНКМ — это не только выявление единства знаний о природе, но и доказательство истинности знаний при помощи наиболее общих законов природы, и одновременно формирование научного стиля мышления.

Однако обоснование всех изучаемых явлений и фактов при помощи фундаментальных закономерностей было бы очень трудоемкой задачей и заняло бы слишком много времени. Аксиоматизация знаний на основе самых общих законов природы должна идти через ступеньки, которыми являются менее общие, частные законы. Это понимал еще Ф. Бэкон, блестящий методолог времен рождения естественных наук. «Союз опыта и рассудка» — таков исходный пункт его методологии. Разум должен очищать опыт и извлекать из него плоды в виде законов природы. Этот процесс совершается индуктивно. При этом разум не должен воспарять от частных фактов к общим всеобъемлющим законам, из которых потом дедуктивным путем получались бы следствия. «Для наук... следует ожидать добра только тогда, когда мы будем восходить по истинной лестнице, по непрерывным, а не разверстым и перемежающимся ступеням — от частных к меньшим аксиомам и затем к средним, одна выше другой, и, наконец, к самым высоким. Ибо самые низкие аксиомы немногим отличаются от голого опыта. Высшие же и самые общие аксиомы (какие у нас имеются) умозрительны и отвлеченны и у них мало твердого. Средние же аксиомы истинны, тверды и жизненны, от них зависят человеческие дела и судьбы. А над ними, наконец, расположены наиболее общие аксиомы, не отвлеченные, а правильно ограниченные этими средними аксиомами» [25, с. 127].

Систематизация знаний о природе в процессе формирования ЕНМП учащихся должна проводиться дедуктивно-индуктивным путем: от фактов и наблюдений через эмпири-

ая-либо
ишней»
ирована
ество-
офским
точным
ориями.
предме-
тем их
ых за-
ерности
логиче-
го цик-
е един-
нности
оды, и
ления.
фактов
ло бы
много
общих
горыми
ал еще
ествен-
ходный
пыт и
Этот
должен
лющим
чались
только
стнице,
щимся
затем
соким.
голого
у нас
ердого.
от них
аконец,
ные, а
мами»
омиро-
тивно-
мпири-

ческие зависимости («самые низкие аксиомы, которые мало отличаются от голого опыта») к частным, специфическим законам, к их системам, все время опираясь на знания о фундаментальных закономерностях природы как «пред- понимание целого» — основы для включения частных закономерностей в единую систему знаний о природе. Так материал изучаемой темы становится материалом построения ЕНКМ, не дожидаясь, пока он будет обобщен на основе естественнонаучной теории и далее организован в локальную научную картину мира. Такая систематизация учебного материала обеспечивает формирование ЕНМП учащихся, развитие целостности их сознания.

В исследованиях, посвященных методологическим вопро-сам естествознания, в наибольшей мере разработаны воп-росы формирования физической картины мира (В. Ф. Ефи-менко, 1975; В. В. Мултановский, 1977; Г. Г. Голин, 1986; С. У. Гончаренко, 1989). Эти исследования способствовали систематизации физических знаний, повышению теоретиче-ского уровня усвоения основ физики, а значит, и всего есте-ствознания. Автор не отрицает необходимости систематиза-ции знаний по каждой области естествознания. Но эти сис-темы знаний — по физике, химии, биологии — должны фор-мироваться не обособленно, а параллельно с общей систе-мой знаний о природе — ЕНКМ. Каждая тема, изучаемая на уроках любого из естественнонаучных предметов, должна включаться в ЕНКМ сразу. В ней будут формироваться области знаний, специфические для каждого предмета, как органические части единой системы знаний о природе.

Многие философы считают [12, 13, 31], что имеющие хождение в культуре мировоззренческие образования, име-уемые физической, химической, биологической, астрономи-ческой и другими картинами мира, в действительности не являются изображением мира, а фиксируют лишь какой-то аспект реальности и не могут быть признаны «картинами» в гносеологическом смысле. Предлагается называть их «фи-зическая реальность», «биологическая реальность» [20, 21], или говорить о картине физического (химического, биоло-гического, социального, технического и т. д.) мира, или о соответствующих формах движения материи. Другие авторы признают существование частных (локальных) картин мира, понимая под ними синтез знаний по какой-то дисциплине.

По нашему мнению, в педагогическом аспекте целесо-образна единая картина мира природы, поскольку с точки зрения психологии невозможно дробление мышления и ми-ровоззрения личности. При формировании не объединяемых локальных картин мира изучение естествознания мало

способствует развитию целостности личности — происходит то, о чем писал известный психолог С. Л. Рубинштейн еще в 1935 г.: «Мышление распределяется по отдельным дисциплинам. Арифметика, техника, история и т. п. имеет каждая свое отдельное мышление. Не имеет своего мышления только сам человек, мышление которого охватывает и арифметику, и технику, и историю, и другие специальные области» [40, с. 370].

Понятие естественнонаучной картины мира, которое можно применять в школьной практике, мы определяем следующим образом: ЕНКМ — это интегральный образ природы, созданный путем синтеза естественнонаучных знаний на основе системы фундаментальных закономерностей природы и включающий представления о материи и движении, взаимодействиях, пространстве и времени. Структура ЕНКМ показана на схеме 1 (вклейка I); из нее видно, что главные элементы картины мира объединены основаниями ЕНКМ (самое действенное начало при ее составлении), которые опираются на категории, идеи и законы философии. Таким образом, естественнонаучная картина мира представляет собой особое промежуточное звено между философией и естествознанием, дающее исторически обусловленное отображение природных связей, причем естественнонаучные принципы играют методологическую роль (они не универсальны в философском смысле), а философские принципы и идеи лежат в основе развития различных картин мира.

Из этого следует, что ЕНКМ должна формироваться с единых позиций на уроках всех предметов естественнонаучного цикла дисциплин и единство должно задаваться системой фундаментальных закономерностей природы, которые выступают исходной «клеточкой» знаний о ней.

Когда же начинать формирование ЕНКМ?

В методической литературе рекомендуется делать это на второй ступени обучения физике на базе изученных физических теорий [34]. Философы же считают, что первой стадией теоретического исследования мира природы должно быть построение его естественнонаучной картины — она предшествует построению теории [12].

2. ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМАТИЗАЦИИ ЗНАНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ ЦЕЛОСТНОГО МИРОПОНИМАНИЯ

По мнению психологов, мышление детей раннего возраста больше психологическое, чем логическое. Как говорил известный педагог П. Ф. Каптерев, в процессе развития

учащихся должно
детского мышления

1. Первоначаль-
службе его мале-
с его органически-
ризмом. Дети пре-
которую они до-
2. У детей нет

впечатлениям и
ные признаки в
ляются, на первом
подействовали на

3. Развивающе-
отличает его мале-
явлений у детей с
связей между явл-
сравнивает с собой
дети смешивают с
считают, что солн-
делать, и т. д. [19,

Задача школы с
сознания автономно-
венные теоретическ-
только педагогическ-
ма. Выпускать из ш-
значит плодить в о-
ных людей.

Чтобы увидеть,
развитии сознания, с-
описать при помощи
щего нерва и ощу-
щения, создания пред-
ния внутренней рабо-
более ярко выражень-
тельной деятельности
из-за недостатка си-
нятий. В сознании сис-
держиваются и быст-

Развитие и быст-
тоять в том, что второ-
будет постепенно услож-
матизации знаний. Пар-
ление крайних двух м-
в характере мыслитель-
вивающегося созна-
удовольствие от

учащихся должны учитываться следующие главные свойства детского мышления:

1. Первоначальное мышление человека находится на службе его маленьких эгоистических интересов, сливаясь с его органической жизнью, и отличается грубым утилитаризмом. Дети представляют все вещи со стороны той пользы, которую они доставляют человеку.

2. У детей нет критического отношения к воспринимаемым впечатлениям и их проверки. Существенные и несущественные признаки в отображаемых объектах детьми не выделяются, на первом месте среди них оказываются те, которые подействовали на чувства.

3. Развивающееся и обособляющееся детское мышление отличает его малая связность. Начала единства в понимании явлений у детей совершенно отсутствуют. В установлении связей между явлениями окружающего мира ребенок все сравнивает с собой, во всем видит жизнь. Законы природы дети смешивают с моральными законами. Например, дети считают, что солнце светит потому, что оно должно это делать, и т. д. [19, с. 495—496].

Задача школы состоит в развитии, создании из детского сознания автономного, способного преследовать свои собственные теоретические цели, ума. Развитие сознания — не только педагогическая, но и социальная и моральная проблема. Выпускать из школы людей с неразвитым сознанием — значит плодить в обществе потребителей и безответственных людей.

Чтобы увидеть, какова роль систематизации знаний в развитии сознания, обратимся к схеме мышления. Ее можно описать при помощи трех моментов: раздражения чувствующего нерва и ощущения; переработки полученного ощущения, создания представлений, понятий, выводов; выражения внутренней работы внешним действием. У детей наиболее ярко выражены первый и последний моменты мыслительной деятельности. Второй момент выражен очень слабо из-за недостатка систематизированных представлений, понятий. В сознании детей психические факты долго не задерживаются и быстро превращаются во внешние действия.

Развитие мыслительной деятельности детей будет состоять в том, что второй момент мыслительных процессов будет постепенно усложняться, удлиняться вследствие систематизации знаний. Параллельно будет совершаться и ослабление крайних двух моментов. Мотивы такого изменения в характере мыслительной деятельности — потребность развивающегося сознания в систематизированных знаниях и удовольствие от удовлетворения этой потребности.

Операция выявления сходства, систематизация представлений, образование упорядоченных звеньев знаний — самопроизвольный процесс, аналогичный процессу образования упорядоченных структур в окружающей природе (образование атомов, кристаллов, органических молекул и т. д.). Процесс систематизации знаний доставляет детям удовольствие, так как благодаря ему сознание получает власть над хаотическим знанием. Каждый человек в меру своих возможностей пытается осмыслить окружающий мир — это первое и необходимое условие самосохранения. И каждый, как сказал Ж. Пиаже, усваивает знания согласно своей умственной химии. Одно и то же знание может быть различного достоинства в зависимости от того, на какие мыслительные структуры оно опирается. Если сознание оперирует разобщенными представлениями и понятиями, то новое, усвоенное им знание будет воспринято на уровне памяти, не оказав влияния на развитие целостности знаний. Если же сознанию свойственна систематичность спонтанных понятий, развиты отношения общности между ними, то полученное знание включается в систему и все знания, хранящиеся им, становятся более систематичными и емкими.

Как свидетельствуют исследования психологов (Л. С. Выготский, С. Л. Рубинштейн, Д. Б. Эльконин, В. В. Давыдов), сознание учащихся развивается в направлении все большего охвата знаний, интеграции их и уплотнения — образования понятий все большей емкости. Развитый ум обладает теоретическим мышлением, имеющим своим содержанием «область объективно взаимосвязанных явлений, составляющих целостную систему. Без нее и вне ее эти явления могут быть объектом лишь эмпирического рассмотрения» [9, с. 108]. Теоретическое мышление формирует теоретические понятия, содержанием которых выступает связь всеобщего и единичного, целостного и частного. Если речь идет о естественнонаучных понятиях, то средством установления всеобщей связи между ними, основой выявления их единства могут быть фундаментальные, наиболее общие законы природы. Мыслительная деятельность по установлению таких связей будет естественнонаучным миропониманием. Основными закономерностями такого процесса являются интеграция увеличивающегося количества знаний о природе и одновременное их уплотнение, обобщение. Образуются понятия и группы понятий, которые объединяются при помощи специфических для каждого предмета законов и их систем. Самые емкие знания получаются при объединении специфических законов и закономерностей на основе фундаментальных закономерностей природы и установлении через них

системы знаний
закономерности
природы, но и за
естественнонауч
То есть в ЕНМ
ческих и других
соответствующие
будут обособлен
как следствие ф
знаний о природ

Психологи у
го мышления с
с младшей школ
трудов по психо
законов природы
основы для сист
нем возрасте.

Изучение кач
связано в соврем
тами Ж. Пиаже
на содержание об
учащихся. Преж
знание, независи
просто вытекаю
явно или скрыто
хологической то
тавляет разновид
ления, означающ
исторического вз
внутренними фак
виями опыта, эта
[37, с. 244]. Как
дети начиная с
ческой и логическ
видов сохранени
для дискретных
раньше, чем для
личества с момен
к обобщению. Т
о сохранении. Т

В 8—9 лет у
ности, о направл
событий на форм
зом, психологи вы
еще одну законо
вана наравне с н

системы знаний о природе. В этой системе специфические закономерности будут связаны не только общими законами природы, но и законами, общими для той или иной области естественнонаучного знания — физики, химии, биологии. То есть в ЕНМП учащихся будет «мир» физических, химических и других явлений, сформируются системы знаний, соответствующие изученным предметам. Но эти «миры» не будут обособлены друг от друга, они будут создаваться как следствие формирования обобщений в единой системе знаний о природе — в ЕНКМ.

Психологи указывают, что формирование теоретического мышления с опорой на общие законы возможно начиная с младшей школы (В. В. Давыдов, Л. В. Занков). Анализ трудов по психологии помогает выявить содержание общих законов природы, которые можно использовать в качестве основы для систематизации знаний о ней в наиболее раннем возрасте.

Изучение качественных сдвигов в развитии мышления связано в современной психологии главным образом с работами Ж. Пиаже. У него находим и некоторые указания на содержание общих законов, которые доступны пониманию учащихся. Прежде всего это законы сохранения. «Всякое знание, независимо от того, является ли оно научным или просто вытекающим из здравого смысла, предполагает — явно или скрыто — систему принципов сохранения... С психологической точки зрения потребность в сохранении составляет разновидность функционального априоризма мышления, означающего, что по мере развития мышления или исторического взаимодействия, устанавливающегося между внутренними факторами его созревания и внешними условиями опыта, эта потребность выступает как необходимость» [37, с. 244]. Как свидетельствуют исследования Ж. Пиаже, дети начиная с 8 лет заявляют о сохранении как о физической и логической необходимости. Хотя понимание разных видов сохранения ими достигается неодновременно. Так, для дискретных величин понимание сохранения наступает раньше, чем для непрерывных. Знание о сохранении количества с момента своего появления проходит долгий путь к обобщению. Только в результате этого представление о сохранении становится универсальным орудием познания.

В 8—9 лет у детей появляется представление о случайности, о направленности течения процессов, о вероятности событий на формально-операционном уровне. Таким образом, психологи выявляют помимо закономерности сохранения еще одну закономерность, которая может быть использована наравне с ней для систематизации знаний о природе.

Проанализировав психические особенности детей, определим третью закономерность, которая будет ими восприниматься как необходимость в построении логических операций. Это закономерность повторяемости, периодичности процессов в природе. Идея периодичности процессов в природе доступна пониманию детей начиная с младшей школы. Об этом свидетельствует тот факт, что она положена в основу построения курса природоведения.

Согласно Ж. Пиаже, формирование новой структуры мышления у детей происходит начиная с 11 лет. 11—15 лет — это период рождения гипотетико-дедуктивного мышления, способности абстрагировать понятие от действительности, формулировать альтернативные гипотезы и делать предметом анализа собственную мысль. К концу подросткового периода человек уже способен отделять логические операции от тех объектов, над которыми они производятся, и классифицировать высказывания независимо от их содержания по их логическому типу.

Логическое мышление с использованием наиболее общих законов природы не развивается спонтанно, его следует развивать. Это доказывают исследования психологов (П. Я. Гальперина, В. В. Давыдова, Н. Ф. Талызиной и др.). Обобщение осуществляется учащимся не просто на основе общего в предметах, а по тем их свойствам, которые вошли в состав ориентировочной основы действий, направляемых на анализ этих предметов [41, с. 77]. Советские психологи доказывают, что при соответствующем обучении уже третьеклассники способны решать абстрактные задачи. За стадией формирования гипотетико-формального мышления следует стадия, характеризующаяся способностью находить и ставить проблемы. Но она наступает в том случае, если на предыдущей стадии учащиеся получили правильное развитие мышления. Этому может помочь формирование ЕНМП с опорой на знания о фундаментальных закономерностях природы.

Выявленные закономерности психического развития учащихся позволяют определить основной принцип формирования ЕНМП как принцип межпредметного процесса интеграции, обоснования, уплотнения знаний о природе на основе ее фундаментальных закономерностей (сохранения, направленности процессов в природе и их периодичности). В последовательном их применении для систематизации, структурирования и обоснования естественнонаучных знаний заключается возможность выделить из всего массива получаемых учащимися знаний, по выражению В. И. Вернадского, их остов — основные знания, общеобязательные и

непереложные для вс
ЕНМП обуславливае
базисных знаний о
тотальности действи

роды.

В нашей многоле

дилось наблюдать о

для обоснования тех

ных норм и др. След

в этом отношении б

энергии, который уча

симальной работы при

в силовом поле в со

факт, что каждая ча

переходит в состояни

соответствует миниму

выполненной работы),

и формулируют этот

выполнять максимум

способствующих развити

шенствования; только

живого положения в

действовать в интере

Наиболее ярко это вы

и приняли мои учени

Копань — бывшее име

эта клятва: «В этот ясн

ленного леса клянусь

закон природы нас уч

других, чтобы сберечь

шения в пространстве

этой клятве или забыт

Эту клятву некотор

конца. Среди них Вол

охраны на Чернобыльс

можно привести мн

находят опору для св

для них вопросам в зако

мысли учащихся о не

одинаково усердно, не т

бернетике закон Эшби

развивающейся и саморе

ее устойчивости против

учащиеся пытаются

сознания. Некотор

разнообразия

непреложные для всех [5, с. 69]. То есть формирование ЕНМП обуславливает глубокое усвоение всеми учащимися базисных знаний о природе, создание у них убеждений в тотальности действия фундаментальных законов природы.

В нашей многолетней практике работы в школе приходилось наблюдать обращение учащихся к законам природы для обоснования тех или иных правил поведения, моральных норм и др. Следует отметить, что самым действенным в этом отношении был закон о минимуме потенциальной энергии, который учащиеся связывали с выполнением максимальной работы при самопроизвольном переходе частицы в силовом поле в состояние устойчивого равновесия. Тот факт, что каждая частица в силовом поле сама по себе переходит в состояние устойчивого равновесия, которому соответствует минимум потенциальной энергии (максимум выполненной работы), учащиеся распространяют и на людей и формулируют этот принцип так: каждый человек должен выполнять максимум работы для создания ценностей, способствующих развитию общества в направлении его совершенствования; только при этом условии он достигнет устойчивого положения в мире. Чтобы сохранить себя, надо действовать в интересах сохранения всего человечества. Наиболее ярко это выражено в клятве, которую составили и приняли мои ученики во время путешествия на хутор Копань — бывшее имение тетки К. Г. Паустовского. Вот эта клятва: «В этот ясный день перед лицом чистой реки и зеленого леса клянусь никогда не забывать, что основной закон природы нас учит отдавать все возможное для жизни других, чтобы сберечь себя. Клянусь, что никакие перемещения в пространстве и времени не заставят меня изменить этой клятве или забыть ее».

Эту клятву некоторые мои ученики уже выполнили до конца. Среди них Володя Правик — лейтенант пожарной охраны на Чернобыльской атомной станции.

Можно привести много примеров тому, как учащиеся находят опору для своих умозаключений по жизненным для них вопросам в законах природы. Встречались, например, мысли учащихся о необходимости изучать все предметы одинаково усердно, не только любимые. Действующий в кибернетике закон Эшби (чем больше разнообразие саморазвивающейся и саморегулирующейся системы, тем больше ее устойчивость против внешних и внутренних возмущений) учащиеся пытаются перенести на развитие человеческого сознания. Некоторые на основе знаний о закономерности разнообразия видов в биосфере пытались доказать, что для

устойчивого развития ноосферы должно быть как можно больше различных национальностей и т. д.

Учителю часто приходится говорить с учащимися о стиле одежды, о прическах и даже о том, как пользоваться косметикой. Все эти вопросы не второстепенны для учащихся. Законы природы помогают найти общий язык с детьми и в этих случаях, надо только подобрать подходящий момент.

Например, объясняя проявление в природе различных диапазонов длин электромагнитных волн, останавливаясь на окраске предметов окружающего мира (почему трава зеленая, цветы красные, желтые и т. д.). Показываю учащимся слайд «Цветет сон-трава» и пытаюсь объяснить красоту этого цветка: «Цветет сон-трава ранней весной, когда нередки и заморозки. Ее лепестки, как вогнутое зеркало, фокусируют энергию видимого света в самой главной части цветка — где пестик и тычинки. Даже когда вокруг цветка температура 0°C , в этой части его сравнительно тепло (8°C). А нежная фиалковая окраска? Из семи цветов солнечного спектра именно фиолетовые лучи несут на землю наименьшее количество энергии — их не жаль отразить. Можно было бы отразить еще красные лучи, но цветок «знает», что кванты энергии лучей фиолетового цвета больше (у них частота больше), а в главной части цветка надо сконцентрировать как можно большую энергию. Красота — всегда выражение жизнестойкости, сохранения себя и вида... Поэтому сомнительно, чтобы черные круги под глазами, коричневые ногти или фиолетовые губы — слепое подражание моде — были красивы...»

Что характерно: при обращении к законам природы при обосновании того или иного вывода учащиеся не спорят с учителем, не пререкаются даже самые закоренелые нарушители дисциплины. В этом случае не с кем спорить. Учитель выступает здесь носителем не диктата, а знания законов природы. Логика ее действует на детей безотказно. Поэтому, по мнению автора, каждый шаг на пути применения законов природы для воспитания детей является интересным и ценным. Он возможен в том случае, если у учащихся сформировано убеждение в том, что все в природе подчиняется ее единым законам. Как минимум, для этого они должны знать основные законы природы и уметь ими пользоваться для установления истинности всех остальных естественнонаучных знаний, иметь целостное представление о природе.

В учебном
знания, обеспе
с законами пси
условия в есте
содержание за
организации за
в учебном про
щихся должен
нонаучного ци
естественнонауч
принцип интегр
Принципом
именуется поло
мые учащимися
в единое целое
даментальных з
свою очередь, р
пяти принципов.
ний — состоит
предметов долж
раздела естество
вающие иерархи
предоставлять та
ного материала
ний: 1) явления
понятий); 2) эмпи
и закономерност
тальных закономер
и связывающих
и законами диа
вклейке II). При д
об отдельных яв
ностям и далее к
системам информ
ных областей инте
тальных законов
сворачивается, ув
уровне отбрасыв
школьных естеств
что в курсе физики
ятий. Они сводят
закономерностям

3. ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕНКМ И СОДЕРЖАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В учебном процессе учащимся должны предоставляться знания, обеспечивающие систематизацию их в соответствии с законами психического развития детей. Выполнение этого условия в естественнонаучном образовании требует, чтобы содержание знаний, их структура, методы обучения и формы организации занятий позволяли непрерывное формирование в учебном процессе ЕНКМ. Процесс создания ЕНМП учащихся должен быть единым для всех предметов естественнонаучного цикла, т. е. в конструировании содержания естественнонаучного образования должен реализоваться принцип интеграции и обоснования знаний о природе.

Принципом интеграции и обоснования знаний в работе именуется положение о том, что знания о природе, получаемые учащимися в VII—XI классах, должны объединяться в единое целое посредством объяснения их на основе фундаментальных закономерностей природы. Этот принцип, в свою очередь, раскрывается при помощи составляющих его пяти принципов. Один из них — принцип структурности знаний — состоит в том, что программы естественнонаучных предметов должны проектировать при изучении каждой темы, раздела естествознания уровни обобщения знаний, учитывающие иерархию законов природы. Учащимся следует предоставлять такие знания, чтобы в каждом отрезке учебного материала можно было выделить следующие слои знаний: 1) явления, факты, наблюдения (понятия и группы понятий); 2) эмпирические зависимости; 3) частные законы и закономерности; 4) их системы; 5) система фундаментальных закономерностей, являющихся основаниями ЕНКМ и связывающих естественнонаучные знания с понятиями и законами диалектического материализма (схема 2 на вклейке II). При движении по уровням обобщений от понятий об отдельных явлениях, фактах к эмпирическим зависимостям и далее к частным законам, закономерностям и их системам информация концентрируется; знания из различных областей интегрируются при помощи системы фундаментальных законов в целостную картину. Информация как бы сворачивается, увеличивается емкость знания без механического отбрасывания информации, она максимальна на уровне оснований ЕНКМ. На основе анализа содержания школьных естественнонаучных знаний нами установлено, что в курсе физики, химии, биологии изучается более 1000 понятий. Они сводятся примерно к 50 частным законам и закономерностям и через них — к основаниям ЕНКМ. При

переходе от одного слоя знаний к другому происходит ветвление знаний, стволom которого является система фундаментальных закономерностей природы. Они связывают в единое целое понятия, системы понятий как через частные, специфические для каждого предмета закономерности и законы, так и непосредственно — через фундаментальные законы и понятия, составляющие общие идеи.

Внутрипредметные и межпредметные связи, устанавливаемые в процессе структурирования знаний, будут систематизироваться на основе обобщенных естественнонаучных идей и основных законов природы. Это положение в работе именуется принципом *идейной сквозной взаимосвязи естественнонаучных знаний*. Проявляется он в конструировании содержания знаний естественнонаучных предметов. Согласно ему знания о фундаментальных законах природы должны входить в состав содержания каждого из предметов (физики, химии, биологии) в таком виде, чтобы их можно было использовать в VII—XI классах в качестве основы для систематизации и обоснования внутрипредметных и межпредметных связей. Возможности осуществления таких связей показаны в таблице 1. В ней вразрядку даны понятия, изучаемые согласно действующим программам и при определенной интерпретации являющиеся выражением содержания основных законов природы. Таким образом, включение в содержание знаний основных законов природы не увеличивает объема учебного материала и укладывается в бюджет времени, проектируемый программами. В таблице также показаны связи каждого из выделенных понятий с другими понятиями. Она может быть использована при составлении программ естественных предметов для введения в них сведений о фундаментальных закономерностях природы как основе интеграции и обоснования знаний. Согласно таблице можно определить понятия, которые целесообразно рассматривать во время интегративных дней — в число таких понятий должны быть включены те из них, которые имеют наибольшее количество связей с другими понятиями данного и родственных предметов. Таблица включает около пятой части всех понятий, изучаемых в курсах физики, химии, биологии. Эти понятия объясняются на основе фундаментальных закономерностей природы, т. е. «аксиоматизируются». Если учесть также систематизацию и внутрипредметных связей, то в процесс аксиоматизации естественнонаучных знаний будет включено около четверти понятий. Четверть «аксиоматики и три четверти эмпирики» — такое соотношение встречается и у других авторов [3, с. 334]. Принцип идейной сквозной взаимосвязи проявляется не

Таблица 1

Биология

VI класс

1. Поступление веществ в клетку
2. Поглощение воды и минеральных солей корнем
3. Фотосинтез
4. Дыхание. Испарение воды листьями
5. Передвижение органических веществ по стеблю

Химия

Физика

VII класс

1. Молекулы. Диффузия (1, 2, 46)
2. Связь температуры тела со скоростью движения молекул (1, 3, 46)
3. Различные состояния вещества и их объяснение на основе молекулярно-кинетических представлений. Понятие о тепловом движении и процессах в природе (1, 2, 4, 56)

Таблица 1

Физика	Химия	Биология
<p>VII класс</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Молекулы. Диффузия (1, 2, 4б) 2. Связь температуры тела со скоростью движения молекул (1, 3, 4б) 3. Различные состояния вещества и их объяснение на основе молекулярно-кинетических представлений. Понятие о направленности процессов в природе (1, 2, 4, 5б) 4. Масса тел (1, 2б) 5. Сила тяжести (6б) 6. Объяснение давления газа (3ф; 2, 4б) 7. Условие равновесия рычага (6б) 8. Понятие о симметрии тел 9. Превращения механической энергии. Понятие о принципе минимума потенциальной энергии (8ф) <p>VIII класс</p> <ol style="list-style-type: none"> 10. Тепловое движение (1—6б) 11. Внутренняя энергия. Способы ее изменения. Понятие о направленности процессов в природе 12. Количество теплоты. Удельная теплостемкость вещества. Теплота сгорания топлива (11ф; 6х) 13. Плавление и отвердевание тел. Удель- 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вещества. Молекулы. Чистые вещества и смеси (1ф) 2. Признаки химических реакций (10ф) 3. Относительная атомная масса. Относительная молярная масса (5ф) 4. Атомно-молекулярное учение (1, 2ф) 5. Закон сохранения массы вещества (1, 5ф) 	<p>VI класс</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поступление веществ в клетку 2. Поглощение воды и минеральных солей корнем 3. Фотосинтез 4. Дыхание. Испарение воды листьями 5. Передвижение органических и минеральных веществ по стеблю 6. Цветок и его строение 7. Питание и рост проростка <p>VII класс</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. Жизнедеятельность бактерий (1ф) 9. Многообразие животного мира (8ф) 10. Питание, дыхание, выделение амёбы (1, 2, 6ф) 11. Особенности жизнедеятельности простейших (1, 2ф; 6х) 12. Понятие о направленности процессов в природе (1—3ф; 2, 6х) 13. Лучевая симметрия гидры (8ф) 14. Двусторонняя симметрия дождевого червя (13б; 8ф) <p>VIII класс</p> <ol style="list-style-type: none"> 15. Особенности процессов жизнедеятельности насекомых (9х; 16ф)

Физика	Химия	Биология
<p>ная теплота плавления (6х; 11ф). Закон сохранения массы вещества</p> <p>14. Испарение и конденсация. Удельная теплота парообразования (6х, 4, 76)</p> <p>15. Объяснение агрегатных состояний вещества. Единство принципов минимума потенциальной энергии и направленности процессов в системах с большим количеством частиц (6х)</p> <p>16. Превращение энергии в механических и тепловых процессах (10—16ф; 2х; 10, 11б)</p> <p>17. Взаимодействие заряженных тел</p> <p>18. Объяснение его на основе понятия об энергии и принципа минимума потенциальной энергии (9ф)</p> <p>19. Дискретность электрических зарядов. Закон сохранения электрических зарядов (6х)</p> <p>20. Строение атомов. Электризация тел (19ф)</p> <p>21. Источники тока (20ф; 7х)</p> <p>22. Количество теплоты, выделяющейся</p>	<p>6. Типы химических реакций (2, 9, 11ф)</p> <p>7. Окисление. Оксиды. Применение кислорода (9ф, 16). Направленность процессов</p> <p>8. Круговорот кислорода в природе (4ф; 5х)</p> <p>9. Тепловой эффект химической реакции. Сохранение и превращение энергии при химических реакциях (11, 12ф)</p> <p>10. Химические свойства водорода. Реакции обратимые и необратимые (5ф)</p> <p>11. Состав кислот. Валентность кислотных остатков (20, 21ф)</p> <p>12. Понятие о вытесняемом ряде металлов (15, 17ф)</p> <p>13. Вода-растворитель (17, 20ф)</p> <p>14. Характеристика элементов главных подгрупп по положению в периодической таблице (13ф)</p> <p>15. Химическая связь, ее сущность. Понятие о принципе минимума потенциальной энергии (15, 17ф)</p> <p>16. Ионные, атомные, молекулярные кристаллические решетки (17ф; 15х)</p>	<p>16. Приспособленность рыб к среде (5, 9х; 15, 16ф)</p> <p>17. Особенности обмена веществ птиц, связанные с полетом (16ф; 7х)</p> <p>18. Обмен веществ млекопитающих (15, 16ф; 9х)</p> <p>19. Усложнения строения и жизнедеятельности животных основных групп в процессе исторического развития животного мира (8ф; 7, 9х)</p>

Физика	Химия	Биология
<p>в проводнике с током. Объяснение взаимопревращением энергии выделения теплоты (16ф)</p>	<p>17. Окислительно-восстановительные реакции (19ф; 5х; 10б)</p>	

21. Источники тока (20ф; 7х)
22. Количество теплоты, выделяющейся

16. Ионные, атомные, молекулярные кристаллические решетки (17ф; 15х)

Продолжение

Физика	Химия	Биология
<p>в проводнике с током. Объяснение взаимопревращением энергии выделения теплоты (16ф)</p> <p>23. Инерциальная система отсчета. Закономерности механического движения. Идея относительности</p> <p>24. Масса. Закон сохранения массы вещества</p> <p>25. Сила тяжести. Центр тяжести. Симметрия тел (8, 19ф)</p> <p>26. Сила упругости (14, 16х; 21б)</p> <p>27. Закон инерции. Однородность пространства (4ф)</p> <p>28. Закон сохранения импульса (27ф)</p> <p>29. Потенциальная энергия. Принцип минимума потенциальной энергии (9ф; 21б)</p> <p>30. Закон сохранения механической энергии. Понятие об однородности — симметрии времени (27, 29ф)</p> <p>Х класс</p> <p>31. Основные положения МКТ (17—19б; 21х)</p>	<p>17. Окислительно-восстановительные реакции (19ф; 5х; 10б)</p> <p>IX класс</p> <p>18. Повторение основных вопросов курса химии VIII класса (15, 16, 17ф)</p> <p>19. Электролитическая диссоциация (17, 19ф)</p> <p>20. Реакции ионного обмена (9ф)</p> <p>21. Зависимость скорости химических реакций от различных факторов. Химическое равновесие (15, 16ф)</p> <p>22. Круговорот азота в природе (5х)</p> <p>23. Удобрения (13х; 17, 20ф)</p> <p>24. Углерод. Аллотропия углерода (15х; 36ф)</p> <p>25. Металлическая связь. Характерные химические и физические свойства металлов (36ф)</p> <p>26. Электрохимический ряд напряжений (9, 20ф)</p> <p>27. Электролиз (20ф)</p> <p>28. Коррозия металлов, защита от коррозии (19, 20ф)</p> <p>29. Значение периодического закона.</p>	<p>20. Основные процессы жизнедеятельности клетки (15, 16ф; 9х)</p> <p>21. Строение скелета человека (6, 8ф)</p> <p>22. Внутренняя среда организма и ее относительное постоянство (15, 16ф; 6х)</p> <p>23. Газообмен в легких и тканях (1ф)</p> <p>24. Всасывание (1ф)</p> <p>25. Пластический и энергетический обмен. Проявление в них законов сохранения энергии и массы вещества (15, 16ф; 5х)</p> <p>26. Расход энергии (16ф)</p> <p>27. Роль кожи в терморегуляции организма (14, 15ф)</p> <p>28. Функции органа зрения</p> <p>29. Орган слуха</p> <p>30. Развитие плода человека. Понятие о времени и пространстве живого организма</p> <p>31. Сходство и различие организмов</p>

Физика	Химия	Биология
32. Основное уравнение идеального газа (21х; 22б) 33. Уравнение Клапейрона — Менделеева (23, 24б) 34. Насыщенный и ненасыщенный пар (27б) 35. Явления смачивания и капиллярности 36. Кристаллические и аморфные тела. Свойства твердых тел. Применение периодического закона для объяснения строения и свойств вещества (14, 15х) 37. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики (6, 9х; 26, 25б) 38. Необратимость тепловых процессов. Второе начало термодинамики (21х; 25, 26б) 39. Принцип действия тепловых двигателей (38ф; 20б) 40. Закон сохранения электрического заряда (20, 27, 28, 30х) 41. Проводники в электрическом поле (40ф; 29х) 42. Законы постоянного тока (40ф) 43. Магнитные свойства вещества (29х) 44. Электрический ток в полупроводниках (14, 20, 29х)	Обобщение сведений о строении вещества (16, 25х) X класс 30. Повторение основных вопросов курса химии IX класса (20ф; 25, 26б) 31. Условия, влияющие на скорость химических реакций (31ф) 32. Изомерия (29ф; 28б) 33. Состояние электронов в атомах. Энергия и направленность химической связи. Применение принципа минимума потенциальной энергии и понятия о симметрии молекул 34. Химические свойства предельных углеводов (20, 33, 38ф) 35. Химические свойства спиртов. Водородная связь (15х) 36. Химические свойства альдегидов (40ф; 33х) 37. Реакции этерификации (29ф) 38. Химические свойства глюкозы (38ф) XI класс 39. Первичная, вторичная, третичная структуры белка (35ф)	человека и животных (1, 15, 16ф; 9х; 25б) X класс 32. Учение Ч. Дарвина (31ф) 33. Экологические факторы. Фотопериодизм (37, 38ф) 34. Цепи питания. Правило экологической пирамиды. Проявление второго закона термодинамики (37, 38ф) XI класс 35. Биомасса (5, 8, 22х) 36. Круговорот вещества и превращения энергии в биосфере (37, 38ф; 5х) 37. Содержание химических элементов в клетке (29х; 35, 37ф) 38. Энергетический обмен в клетке и его сущность. Значение АТФ (29, 37ф) 39. Фотосинтез (51ф) 40. Взаимосвязь процессов энергетического и пластического обмена (37ф; 5х) 41. Мутационная изменчивость. Ген-

Физика	Химия	Биология
45. Электронная эмиссия (14х) 46. Электрический ток в растворах электролитов (27, 28х) 47. Разряды в газах (40ф)	40. Полимеризация и поликонденсация (35ф) 41. Электронная природа химических связей (35ф)	ные и хромосомные мутации и их причины (51, 55ф)

42. Законы постоянного тока (40ф)
 43. Магнитные свойства вещества (29х)
 44. Электрический ток в полупроводниках (14, 20, 29х)

XI класс

39. Первичная, вторичная, третичная структуры белка (35ф)

40. Взаимосвязь процессов энергетического и пластического обмена (37ф; 5х)
 41. Мутационная изменчивость. Ген

Продолжение

Физика	Химия	Биология
45. Электронная эмиссия (14х) 46. Электрический ток в растворах электролитов (27, 28х) 47. Разряды в газах (40ф) XI класс 48. Электромагнитные колебания 49. Элементы теории относительности. Развитие представлений о пространстве и времени 50. Закон взаимосвязи массы и энергии (5х; 24ф) 51. Химическое действие света (38х; 28б) 52. Ядерная модель атома 53. Постулаты Бора. Корпускулярно-волновой дуализм 54. Ядерные реакции (40, 50ф; 5х) 55. Поглощенная доза излучения, ее биологическое действие 56. Элементарные частицы и их свойства (40, 50ф)	40. Полимеризация и поликонденсация (35ф) 41. Электронная природа химических связей (35ф) 42. Строение электронных оболочек атомов, <i>s</i> , <i>p</i> , <i>d</i> -электроны (33х) 43. Периодичность в изменении свойств элементов и простых веществ (36, 41, 43ф) 44. Типы кристаллических решеток (6ф) 45. Законы сохранения массы и энергии при химических реакциях (37, 50ф) 46. Скорость химических реакций (32ф) 47. Обратимые и необратимые химические реакции (37, 38ф) 48. Тепловой эффект химической реакции. Принцип Ле Шателье (37, 38ф)	ные и хромосомные мутации и их причины (51, 55ф)

только в конструировании содержания знаний естественнонаучных предметов, а и в выборе методов, форм и средств обучения. Он определяет выбор тематики интегративных дней, методов обучения во время их, средств обучения, используемых учителями при осуществлении взаимосвязи.

Под *диалектическим принципом установления логической структуры* учебного материала в исследовании понимается следующее положение: логическая структура каждого отрезка учебного материала устанавливается на основе связей, раскрываемых специфическими и фундаментальными законами природы. Учебный материал отрезка разбивается на элементы, между ними устанавливается связь на основе специфических закономерностей (их систем). Затем выявляется связь последних с фундаментальными законами и снова рассматриваются связи всех элементов знаний — теперь уже на основе фундаментальных закономерностей. На основе этих закономерностей в структурно-логическую схему включаются также межпредметные связи. Таким образом, структурно-логическая схема, которую учащиеся составляют в процессе обобщающего повторения изученного материала, отражает всеобщую связь явлений природы, изучаемых в ней, в их структуре, связях и развитии.

Принципом непрерывности в исследовании именуется положение о раскрытии преемственности знаний о природе на основе обобщенных естественнонаучных идей от класса к классу, от предмета к предмету, тотальности действия фундаментальных закономерностей для всего массива знаний — непрерывного формирования ЕНКМ.

Последний из принципов — информатизация естественнонаучных знаний на основе ЭВМ. Логическая структура отрезков учебного материала, устанавливаемая на основе специфических и фундаментальных законов природы, в принципе позволяет составить программы для ЭВМ, позволяющие объяснять любое явление природы на основе общих и частных закономерностей.

4. ОСНОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

Фундаментальные закономерности природы

Каковы же черты фундаментальных закономерностей природы?

Во-первых, они стационарны и непрерывны в действии, которое распространяется на каждый ее объект, т. е. эти закономерности отличаются максимальной степенью общности. Во-вторых, они самодостаточны, т. е. определяют

все многообразие явлений природы, объясняют их. В-третьих, эти закономерности образуют единство, детерминируемое единством материального мира. Таким образом, эти закономерности можно отнести к фундаментальным, так как они объясняют существование мира природы, его неуничтожимость и несотворимость, движение и развитие объектов, им охватываемых.

Все многообразие объектов мира природы можно разделить на три категории — вещи, свойства и отношения. Вещь рассматривается как объект с пространственной и временной структурой; свойство выступает как некоторая особенность или принадлежность этой структуры; под отношением подразумевается связь вещей. Закономерность, позволяющую понять стабильность вещей, свойств, отношений, можно классифицировать как закономерность сохранения объектов реального мира. Закономерность, выражающую движение в мире без качественной изменемости его объектов, можно выделить как закономерность повторяемости, периодичности процессов. Закономерность, определяющую развитие объектов реального мира, можно рассматривать как закономерности направленности изменения их свойств, состояний.

Эти закономерности составляют неразрывное единство. Первая из них выражается в сохранении вещей (атомов, молекул, кристаллов, клеток, благодаря чему проявляется дискретность материи), свойств (массы, энергии, заряда и др.), отношений (законы, выражающие существенные связи или отношения вещей, сохраняются в различных системах отсчета, не зависят от сдвигов во времени). Вторая закономерность (периодичности) обуславливает условие целостности структур (периодическое движение электронов в атомах, планет в Солнечной и других системах, звезд в галактиках и пр.), продолжительности, стационарности функционирования систем, процессов (волновое движение, круговороты в материальных системах, ритмика в живой природе и др.). Третья закономерность (направленности процессов в мире) выражает направление самопроизвольного изменения состояния объектов в сторону более устойчивого, равновесного состояния (любое равновесие рассматривается как форма сохранения, будь то равновесие в механических, физических, химических или биологических системах).

Можно сказать, что все три закономерности характеризуют мир с точки зрения устойчивости, стабильности. Это обусловлено тем, что картина мира, которую создают естествоиспытатели, — это картина устойчивых форм, доступных наблюдению, ибо неустойчивые формы проходят столь

быстро, что не замечаются. В картине мира в силу исторически ограниченной «разрешающей способности» эксперимента и теории фиксируются лишь относительно медленные, более устойчивые во времени процессы. Сколь бы ни была динамичной современная картина мира, она все же оказывается «смещенной» в сторону устойчивых форм.

Классификация законов естествознания и выделение фундаментальных

Какие же из изучаемых в школьном естествознании законов могут выступать в роли фундаментальных закономерностей?

Объясняющую и обобщающую функции выполняет в системе естественнонаучного знания теория, что обусловлено наличием в каждой теории законов, которые вместе с общими законами и естественнонаучными принципами составляют ее ядро. Однако в школе не представляется возможным изучать естественнонаучные теории по типу теоретической схемы, т. е. с рассмотрением ядра теории, даже в курсе физики, в который включены наиболее развитые теории. Здесь центральная роль в организации знаний в систему, в научном объяснении явлений природы принадлежит законам. Они сокращают тот объем сведений, которым обладает всякая наука, причем это достигается не путем механического отбрасывания информации, а свертывания ее, уплотнения, увеличения емкости. Законы, сводя многообразие явлений к существенным отношениям, упрощают систему знаний, придают им форму, удобную для передачи подрастающим поколениям.

Однако не все законы естествознания обладают одинаковой объясняющей и обобщающей способностью. Согласно классификации законов (см., например, [11]) они разделяются на частные, общие законы природы и универсальные законы бытия, к которым относят законы диалектики. К общим относят законы, объясняющие обширный круг явлений, изучаемых различными науками о природе и обусловленных различными видами взаимодействий. При разделении законов на фундаментальные и нефундаментальные учитывается степень их «фундаментальности» — широта области природных явлений, объясняемых законом. Иногда законы разделяются на основные и неосновные. Первые охватывают «цельность явлений», описывают развитие процесса в целом, вторые характеризуют отдельные стороны процесса (основные законы могут быть отнесены одновременно и к общим, и к фундаментальным, и еще к

теоретическим, так как обеспечивают логическую выводимость знаний из единых принципов, чего не могут делать частные, неосновные, эмпирические законы).

Выделить общие, фундаментальные законы природы из всех изучаемых в школе можно по следующим критериям:

- 1) каждый из них должен служить основой для объяснения обширного круга явлений, фактов, частных законов;
- 2) он должен изучаться несколькими учебными предметами или применяться при объяснении явлений и фактов, рассматриваемых несколькими предметами (он может служить в этом случае целям установления и систематизации межпредметных связей);

- 3) он должен объяснять явления, обусловленные различными взаимодействиями.

Здесь следует отметить, что, называя какой-то закон фундаментальным законом природы, мы вовсе не утверждаем его фундаментальность в объективной реальности. Если будет открыт более общий закон, то фундаментальность выделенного будет «развенчана». Так уже было в истории естествознания: закон сохранения массы вещества, считавшийся в классическом естествознании фундаментальным, в современном стал частным случаем более общего — закона сохранения массы. Как сказал философ Марио Бунге, «нет основания для веры в конечные первые начала или абсолютно фундаментальные законы, законы могут быть фундаментальны в данном контексте или в течение определенного времени, а не абсолютно и не вечно».

Относительно третьего критерия заметим следующее. Фактически в школьном естествознании и на протяжении всего его изучения фигурируют в основном два вида взаимодействий — гравитационные и электромагнитные; сильные и слабые рассматриваются лишь в последней теме курса физики. Поэтому в качестве общих будут выступать и те законы, которые охватывают явления, обусловленные только первыми двумя видами взаимодействий.

Применив названные выше критерии к отбору фундаментальных законов с целью упорядочения получаемых школьниками знаний о природе, в число таких законов следует в первую очередь включить законы сохранения — энергии, массы, электрического заряда. Закон сохранения импульса мы не относим к фундаментальным, необходимым для составления ЕНКМ: он не может быть использован для систематизации межпредметных связей физики, химии, биологии, поскольку на уроках последних не применяется. Критериям общих законов удовлетворяет также периодический закон Менделеева, хотя степень его фундаментальности (объяс-

няющая способность) значительно ниже, чем законов сохранения, и сам он объясняем при помощи законов квантовой механики. Но в школьном курсе естествознания он служит основой объяснения физических, химических и частично биологических явлений, связанных со свойствами и строением вещества.

Выделенные законы не исчерпывают содержания фундаментальных закономерностей природы. Так, среди них нет законов, отражающих направленность процессов в окружающем мире. В школьном естествознании изучается лишь один закон такого вида — это закон естественного отбора, но мы не включаем его в число общих законов, так как он действует только в живой природе. Мы считаем, что в школьном естествознании должны изучаться законы, которые дают возможность определить направленность самопроизвольных процессов в природе, понять образование сложных уровней организации материи из более простых. К таким законам принадлежит второй закон термодинамики и принцип минимума потенциальной энергии, которые проявляются в диалектическом единстве. Проиллюстрируем это.

Проследим, какие законы управляют образованием атомного ядра из нуклонов, атомов из ядер и электронов, молекул из атомов и т. д. Система нуклонов при определенных условиях образует ядро, в результате этого процесса нуклоны переходят в более устойчивое состояние, энергия их взаимодействия уменьшается — в окружающее пространство выделяется энергия (и соответствующая ей масса). Из ядер малой массы со временем могут образовываться ядра большей массы — это также энергетически выгодный процесс, подчиняющийся принципу минимума потенциальной энергии. Однако усложнение ядра не бесконечно: с ростом массы увеличивается его внутренняя неустойчивость, приводящая к распаду ядра на части — осколки, внутри которых нуклоны достигают более глубокого минимума потенциальной энергии. Осколки начинают двигаться по лестнице усложнения ядер, пока их не постигнет та же участь. Возраст атомов исчисляется десятками миллиардов лет, но такого возраста достигают далеко немногие из них, потому что они существуют не в качестве единичных объектов, а в системах. Хаотическое движение атомов в системе приводит к случайным их скоплениям, некоторые из них оказываются устойчивыми. В таких скоплениях вследствие действия принципа минимума потенциальной энергии возникают молекулы; они тоже могут усложняться, но усложнение их, как и ядер, не беспредельно. Наиболее энергетически выгодно образование молекул из 10—20 атомов, у которых дости-

гается максимум энергии связи. Дальнейший рост молекулы, как и тяжелых ядер, может происходить лишь за счет поглощения энергии извне. Молекулы, как и атомы, не успевают пройти свой путь усложнения до конца — вторым законом термодинамики они вовлекаются в новые скопления, в которых вследствие процессов полимеризации и поликонденсации, сопровождающихся уменьшением энергии системы, возникают макромолекулы. Так, микрообъект любого уровня сложности, возникнув, не задерживается на нем. Второй закон термодинамики и закон минимума потенциальной энергии в своем единстве содействуют тому, что он эволюционирует в направлении все более сложной организации материи вплоть до микрообъектов, изучаемых синергетикой, неравновесной термодинамикой — областями науки, исследующими живую природу.

Оба закона — второй закон термодинамики и закон о минимуме потенциальной энергии удовлетворяют критериям фундаментальных законов природы и должны изучаться в школьном естествознании, иначе говорить о создании научной картины мира в сознании школьников можно только декларативно. Наш двадцатилетний опыт работы в школе и опыт других исследователей (А. А. Пинского, Л. П. Свиткова, Г. И. Шелинского, Ю. Г. Аванесова и др.) показывает, что изучение этих законов доступно учащимся.

Закономерность направленности природных процессов включает законы: о минимуме потенциальной энергии, естественного отбора, второй закон термодинамики. Аналогично и две другие закономерности (сохраняемости объектов и периодичности процессов) включают по несколько общих законов, поэтому их еще называют обобщенными естественно-научными идеями. Согласно выше приведенному анализу основания ЕНКМ составляют три обобщенные естественно-научные идеи, находящиеся во внутреннем единстве: сохранения, направленности процессов в природе и периодичности их.

Центральной в этой системе (см. схему 3 на вклейке III) является идея сохранения, в содержание которой входит целостный комплекс понятий законов и принципов: законы сохранения, принципы инвариантности и симметрии, понятия дискретности вещества и энергии в микромире, корпускулярно-волнового дуализма (в равной мере принадлежащее и идее периодичности) и др.

Идея периодичности охватывает периодический закон, понятие круговоротов в материальных системах, закономерности колебательных движений, ритмов в живой природе; причем периодический закон отражает гигантский круго-

ворот вещества во вселенной, а периодическую систему элементов можно представить как отражение последовательного «пути» атома от его рождения до достижения им состояния сложной атомной структуры, подвергающейся радиоактивному распаду. «Путь» этот не прямолинеен в смысле изменения свойств атома при увеличении его массы и заряда: свойства атома совершают «колебания», для которых «положением равновесия» можно считать состояние инертного газа; они изменяются от металлических к неметаллическим, и это «колебание» свойств повторяется в каждом периоде системы элементов, «замедляясь» с увеличением массы и заряда ядра атома.

Теоретические основания ЕНКМ служат и теоретической базой учебного курса естествознания. Это общие закономерности мира природы, представляющие собой предмет изучения физики, поскольку именно физический уровень исследования целостного материального мира — самый глубокий. Переход на этот уровень, где действуют исходные, фундаментальные законы природы, и означает построение теоретических основ естественной науки. Сопряжение их с теоретической базой химии и биологии ведет к преодолению разобщенности знаний, к установлению единства в бесконечном разнообразии явлений природы. Следует заметить, что переход на уровень фундаментальных закономерностей природы не является сведением химических и биологических закономерностей к физическим, отрицанием качественного различия закономерностей, изучаемых разными науками. Такой переход означает признание качественной специфичности высшей формы движения материи при наличии неразрывной связи высшей и низших форм.

Характеризуя теоретические основы естествознания, отмечают их неоднослойность, подразделение на метатеоретические и теоретические знания. В соответствии с этим делением мы также выделяем два слоя теоретических основ содержания школьных естественнонаучных знаний — обобщенные естественнонаучные идеи и фундаментальные законы природы. Последние являются наиболее сильным выражением названных идей и, обладая внутренним единством, составляют систему законов. Например, неразрывную связь законов сохранения энергии и массы отражает закон взаимосвязи массы и энергии; закон сохранения и превращения энергии связан со вторым законом термодинамики, отражающим как направленность процессов в изолированной системе к наиболее вероятному состоянию, так и качественную особенность теплового движения, обесценивание энергии в реальных процессах; периодический закон проявляется

в совокупности с законами сохранения, с принципом минимума потенциальной энергии и т. д. Их отличает максимальная общность, принципиальная простота, они обладают предсказательной силой и системностью. Последнее особенно важно, ибо современное естествознание представляет своего рода систему, в которой каждый изучаемый объект уникален, но его уникальные характеристики фиксируются лишь на эмпирическом уровне знания, тогда как на теоретическом уровне мышление абстрагируется от них и раскрывает типичные, повторяющиеся свойства и отношения объектов. Выявление сущности единичных, уникальных объектов и явлений происходит вначале посредством частных законов или закономерностей, которые служат затем «материалом» для установления сущности более высокого порядка — на основе фундаментальных закономерностей природы. При этом объекты и явления природы сопоставляются со специфическими законами и их системами, входящими в ядро той или иной теории, а также с фундаментальными закономерностями природы. Таким образом, реализуется принцип соответствия при переходе от одной предметной области естествознания к другой, от одной ступени познания природы к следующей. Этот принцип относится не к фундаментальным понятиям и идеям, входящим в состав сменяющих друг друга теорий, а к формулируемым в них законам и определяет главные этапы эволюции ЕНКМ.

Эволюция естественнонаучной картины мира и роль основополагающих идей

Наиболее общим, инвариантным компонентом знания выступают при эволюции ЕНКМ идеи. Первая из них — идея единства знания [35, с. 5]. У древних она выражалась в поисках элементов бытия, единого основания природы, т. е. проявлялась как *идея сохранения*. На протяжении веков в процессе познания человек пытался понять, что постоянно, непреходяще при качественном превращении тел, почему можно отождествлять то, что было, с тем, что стало. Обсуждение подобных вопросов привело постепенно к представлениям об атомах, о сохранении массы вещества, энергии, импульса, электрического заряда, об однородности пространства и времени, к математическому понятию инвариантности различных преобразований, к понятию химического элемента, сохраняющегося при различных реакциях, к понятию биологического вида и т. п.

При выявлении общего в разнородных явлениях идея сохранения выступала в единстве с *идеей периодичности*.

Основополагающей идея периодичности стала в первой естественнонаучной картине мира — механической (МКМ) после того, как были открыты законы сохранения (закон инерции — Г. Галилей, 1632 г., законы сохранения механической энергии — Г. В. Лейбниц, 1686 г. и массы вещества — А. Л. Лавуазье, 1772 г.). Закон сохранения массы вещества послужил основой для объединения химических, физических явлений, явлений живой природы. В учебном пособии начала XX в. (Ауэрбах Ф. Основные понятия современного естествознания. — СПб., 1911) можно прочесть: «Относительно массы известно положение, долженствующее быть поставленным во главе всего естествознания, так как без него изучение природы оказалось бы шатким и беспочвенным. Согласно этому началу масса всех тел, участвующих в этих процессах, остается неизменной» (с. 121). В результате осмысления законов сохранения энергии и массы вещества сформировалась идея вечного круговорота материальных явлений, вещества и движения, которая приобрела значение первоосновы для МКМ. Становление этой картины мира неразрывно связано с утверждением идеи относительности, которая вошла в науку с открытием Н. Коперника и превратилась в стержневую научную идею, развивающуюся вместе с идеей однородности пространства; закон инерции и закон сохранения импульса иллюстрируют конкретное проявление этой идеи. Открытие закона сохранения и превращения энергии Р. Майером (1841) положило начало пониманию важности идеи однородности времени, которая стала одной из важнейших идей всего естествознания. Развитие МКМ вернуло в науку представление об атомах, «изгнанное» Аристотелем и его последователями.

Идея же дискретности, утверждаясь в картине мира, являла собой одновременно и выражение идеи сохранения. Закон сохранения массы вещества родился из представлений о несотворении и неисчезновении частиц материи. На основе таких же представлений сформировался и закон сохранения электрического заряда. Периодический закон своим появлением также обязан идее дискретности и закону сохранения массы вещества, а именно — представлению о том, что масса частицы вместе с ее скоростью и координатой является основной характеристикой частицы вещества. Родившись на базе понятий МКМ, этот закон стал завершением классической атомистики и началом нового представления об атомах, о частицах материи. Он поставил вопросы о причине периодичности свойств элементов, о строении атома. Отвечая на них, наука пришла к квантовой механике — к функции Шредингера, к пониманию корпускулярно-волновых свойств

частиц, вероятностного характера их движения. Так идея периодичности, утвердившись в МКМ в качестве основополагающей, объясняющей вечность мира, при дальнейшем развитии ЕНКМ наполнилась новым содержанием, стала инструментом проникновения в глубины строения материи, ее свойств и уровней организации. Однако было бы преувеличением говорить, что только этой идее наука обязана открытиями, вызвавшими революцию в естествознании. Огромная роль здесь принадлежит идее сохранения, но разложить все идеи «по полочкам» не удастся — они теснейшим образом связаны между собой в процессе эволюции ЕНКМ, и отделить одну от другой можно лишь условно.

Проследим роль идеи направленности процессов в создании ЕНКМ, общность которой была осознана позже, чем идей сохранения и периодичности, хотя первыми «универсальными» законами природы были объявлены экстремальные принципы, на которые она опирается. Эти принципы относятся к метатеоретическому знанию, позволяющему выразить устойчивость, упорядоченность природы, формировать ЕНКМ; суть их состоит в том, что существующее состояние любой системы реализуется при экстремальных значениях ее основных характеристик. В такой формулировке это положение можно принять как естественнонаучный (или общенаучный) принцип, дающий возможность определить направление изменения состояния различных систем, условия их устойчивого равновесия. Так, для механической системы последнее соответствует минимуму потенциальной энергии, для термодинамической замкнутой системы — максимуму энтропии, для кибернетической системы — минимуму ошибки, допущенной при выполнении того или иного приказа, поступающего из центрального управляющего устройства, для биологической системы — максимуму селективной ценности для данной популяции при определенных условиях окружающей среды и др.

Признание роли экстремальных принципов в создании ЕНКМ началось с утверждения в науке второго закона термодинамики и закона естественного отбора. С них началось укрепление позиций идеи эволюции в природе, поколебавшей устои механистического детерминизма. Эта идея утверждалась в науке в двух прямо противоположных формах: второй закон термодинамики выступал как эволюционный закон непрерывной дезорганизации (разрушения) первоначальных структур и состояний неживой природы, а закон естественного отбора обосновывал усложнение структурной организации и функционирования организмов в процессе их эволюции. Но оба эти закона отражают экстремальные закономер-

ности в природе: первый выражает принцип возрастания энтропии в замкнутой системе, второй можно сформулировать аналогично, как принцип отбора организмов и видов, максимально приспособленных к условиям среды.

Живые организмы — открытые системы; второй закон термодинамики к ним неприменим в той форме, как к физическим или химическим системам. Но в последнее время этот закон обобщен и на открытые неравновесные системы; удалось показать связь концепции эволюции в неживой природе с концепцией биологической эволюции. Для характеристики открытых систем оказывается существенной не сама энтропия, а скорость ее изменения. Устойчивости таких систем соответствует условие минимальности прироста энтропии. Доказано, что в системах, описываемых неравновесной термодинамикой, возможно образование новых структур, биологический отбор и эволюция. Разрушение (дезорганизация) наблюдается в непосредственной близости к термодинамическому равновесию. Таким образом, один и тот же физический принцип позволяет объяснить разнородные явления, при которых различаются только термодинамические ситуации, когда он применяется.

Итак, идея направленности природных процессов служила основой для обобщения знаний об окружающем мире и остается его основой в настоящее время, она стимулирует развитие новых областей естествознания (синергетики, неравновесной термодинамики, термодинамики диссипативных структур и др.). Однако парадигмой (исходной концептуальной идеей) современного научного знания, выявляющей его единство, была и есть идея сохранения. Ведь именно открытие закона сохранения и превращения энергии положило начало объединению всех естественных дисциплин в единую систему, которое в корне отличалось от объединения их в МКМ, основывающегося на сведении всех явлений природы к законам механики. Этот закон способствовал развитию представления о неразрушимых, способных к превращениям, «невесомых объектах» — о поле — как форме существования материи [26], что привело к созданию второй ЕНКМ, где абсолютной основой явлений и их объяснения стало понятие о непрерывности материи, аналогично тому как в МКМ таким понятием была ее дискретность. В новой картине мира изменилось представление о законе сохранения массы вещества: он утратил свой всеобщий характер и стал частным законом более общего — закона сохранения массы, учитывающего то, что масса — это мера инерционных и гравитационных свойств объекта.

Законы сохранения сыграли главную роль в утверждении

основных понятий современной ЕНКМ. Так, представление о дискретности энергии в микромире утверждалось при помощи закона сохранения энергии (уравнение Эйнштейна для фотоэффекта выражает этот закон); волновая модель атома, обоснованная Луи де Бройлем, связывала стационарность энергетических уровней атома со стоячей волной, которая не излучает и не поглощает энергии; взаимопревращение элементарных частиц тоже объясняется с учетом законов сохранения. Таким образом, эти законы (особенно закон сохранения и превращения энергии) играли и играют ведущую роль в создании ЕНКМ.

Идеи периодичности и направленности процессов можно считать в некоторой мере выражением двух разных аспектов идеи сохранения: периодичность, повторяемость можно рассматривать как отражение симметрии времени, а направленность процессов — их асимметрии в природе. Симметрия и асимметрия проявляются в диалектическом единстве в каждой конкретной системе. Идею направленности процессов, как и второе начало термодинамики, нельзя обобщать на всю Вселенную: «...в целом изменение энтропии не обнаруживает асимметрии по отношению к прошлому и будущему. Поэтому нет простой связи между «стрелой времени» и возрастанием энтропии в ограниченных системах» [4, с. 82].

Выделенная нами система обобщенных естественнонаучных идей служит основанием составления ЕНКМ, выявления единства естественнонаучного знания, получаемого школьниками. Это единство понимается как : 1) общность научных сведений о природе, сообщаемых на уроках по различным предметам; 2) непрерывность научного знания при переходе от одних учебных предметов к другим; 3) системность знаний о природе.

5. ОТРАЖЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРИРОДЫ В СОДЕРЖАНИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Анализ учебных программ по физике, химии, биологии, обществоведению

Из всех этих учебных предметов только в программе по физике упоминается понятие научной картины мира. Здесь оно фигурирует дважды: в объяснительной записке, где указывается, что в обязанности учителя входит формирование современной научной картины мира, и в курсе выпускного класса, где в конце учебного года рекомендуется прочитать обобщающую лекцию «Научная картина мира». Судя по материалу учебника, который соответствует этому занятию,

имеется в виду физическая картина мира, т. е. учитель физики должен формировать физическую картину мира. К учителям химии и биологии соответствующие программы таких требований не предъявляют, хотя предусматривают развитие диалектико-материалистического мировоззрения учащихся. Можно надеяться, что объединение всех областей естественнонаучного знания в единую ЕНКМ в сознании учащихся будет складываться стихийно, так как программой ни одного предмета, в том числе и обществоведения, этот процесс не предусматривается. Но самопроизвольное объединение знаний может произойти в сознании учеников только в том случае, если они будут осознавать фундаментальные закономерности природы в качестве основы для выявления единства естественнонаучного знания, что возможно, если эти закономерности изучаются в курсе физики, химии, биологии и используются при объяснении явлений и частных законов. Программы такой возможности не предоставляют. Среди указаний на то, какой материал следует считать основным по тому или иному предмету, в них не находим специальных рекомендаций по изучению фундаментальных закономерностей. Хотя в физике законы сохранения выделяются в качестве основных для всего курса, однако неясно, как они могут быть стержневым материалом, если на первой ступени они фактически не изучаются. Соответственно в разделе программы «Основные знания и умения» на первой ступени они не фигурируют, а на второй ступени стоят в одном ряду с частными законами (так, закон сохранения электрического заряда упомянут рядом с законом электролиза, который объясняется на его основе). В программах нет требования уметь применять законы сохранения для объяснения явлений, изучаемых в курсах физики и других предметов. (Только в IX классе ученики должны уметь вычислять скорость тела при свободном падении и колебательном движении с использованием закона сохранения энергии — этими примерами применение законов сохранения, согласно программе, и ограничено.)

В объяснительной записке к программе по химии указывается, что важно акцентировать внимание на сознательном и прочном усвоении учащимися ведущих идей и основных понятий химии. Но среди них нет общей идеи сохранения, названы лишь идеи химии — зависимость свойств веществ от состава и строения, обусловленность применения веществ их свойствами и др. Аналогично в объяснительной записке к программе по биологии в качестве ведущих идей фигурируют идеи этой области знаний — эволюции органического мира, разноуровневой организации живой природы и др.

Таким образом, каждый предмет изучает отдельную область природы, а для обобщения знаний используются идеи, специфические для этого предмета, обособленные от идей других дисциплин. Обобщенные естественнонаучные идеи в программах отсутствуют. Но можно допустить, что они сформируются самопроизвольно в сознании учащихся, если общие законы, которые соответствуют этим идеям, изучаются именно как общие для всех предметов фундаментальные законы природы.

Приступая к анализу их роли в содержании действующих программ, следует сразу заметить, что общие законы, связанные с идеей направленности природных процессов, в школе не изучаются (если не считать одного урока по физике в X классе, посвященного понятию направленности процессов в природе). Чтобы выяснить роль общих законов в объяснении и обобщении знаний о природе, рассмотрение которых предусмотрено учебными программами, мы поступим следующим образом. Выделим понятия физики, химии, биологии, которые изучаются в каждом классе, и определим, при изучении скольких из них программа рекомендует применять общие законы природы (учтем те понятия, в раскрытии которых законы природы участвуют неявно). Например, если при объяснении понятия используется представление об изменении внутренней энергии, считаем, что в этом случае применяется закон сохранения и превращения энергии. Результаты такого анализа показаны в таблице 2.

Из таблицы видно, что ни один из выделенных нами в число общих законов в программах в качестве такового не фигурирует. Так, закон сохранения и превращения энергии изучается фактически только в курсе физики, а закон сохранения массы вещества только в курсе химии, причем создается парадоксальная ситуация: понятие массы вводится как одно из основных в физике, а сохранение массы здесь не рассматривается. Более того, когда на уроках химии применяется закон сохранения массы вещества, на уроках физики учащиеся должны принимать на веру, что, например, массы льда и образовавшейся из него воды одинаковы, что массы пара и образовавшейся из него вследствие конденсации воды не отличаются и т. д. Получается, что физика и химия в изучении одного из важнейших понятий естествознания не помогают друг другу.

Область применения закона сохранения электрического заряда ограничена объяснением взаимопревращения элементарных частиц, тогда как сферой его применения могут быть все явления, связанные с перераспределением электри-

Таблица 2

Отражение основных законов природы в действующих программах по физике, химии, биологии

Класс	Число понятий, изучаемых в курсах физики, химии, биологии	Число понятий, при рассмотрении которых используется закон											
		сохранения энергии			сохранения массы вещества			сохранения электрического заряда			периодический		
		в физике	химии	биологии	в физике	химии	биологии	в физике	химии	биологии	в физике	химии	биологии
VIII	около 200	9	1	—	—	10	—	—	—	—	—	15	—
IX	—»— 200	8	—	2	—	—	—	—	—	—	—	15	—
X	—»— 200	8	—	—	—	—	—	1	—	—	—	3	—
XI	—»— 300	10	1	—	—	1	—	1	—	—	1	10	—

[illegible]

Состояние знаний уч-
о важнейших естеств

[illegible]

ческих зарядов,— электризация, поляризация, электрический ток, электромагнитная индукция, химические реакции и составление их уравнений, особенно в ионной форме. Периодический закон изучается как закон химии, в курсе физики он упоминается лишь один раз — в связи с правилами смещения при радиоактивном распаде. Объяснение физических свойств веществ, систематизация знаний о них обходятся в курсе физики без этого закона. Фактически, согласно школьным программам, теоретические основы естествознания как единая база обоснования естественнонаучного знания не выделены.

Примерно так же обстоит дело в учебниках и методических пособиях для учителей. Следует отметить здесь и нетерпимое положение в курсе школьного естествознания такого понятия, как «симметрия»: оно представлено лишь симметрией гидры и дождевого червя. Что же касается свойств пространства и времени, их симметрии и связи этого свойства с законами сохранения, то в курсе физики они не упоминаются. Ясно, что в таком случае и в биологии невозможно говорить о симметрии живых организмов, об особенностях пространства и времени. Но без понятий о свойствах пространства и времени, о симметрии в природе нельзя формировать естественнонаучную картину мира.

Состояние знаний учащихся о важнейших естественнонаучных понятиях

Чтобы выяснить, как усвоение знаний о природе способствует развитию личности школьников, их мировоззрения, как формируется у них представление об основных общих понятиях естествознания, мы изучали процесс усвоения естественнонаучных знаний учащимися на протяжении более чем двух десятков лет во время личного преподавания, а также в школах Украины, Белоруссии, Сибири. Исследованием было охвачено более 4000 учащихся VI—X классов.

В процессе исследования велось наблюдение за усвоением знаний на уроках физики, химии, биологии, за влиянием овладения этими знаниями на развитие мировоззрения учащихся, их отношением к знаниям, пониманием учебного материала. С целью выяснения накопления представлений об одном и том же понятии от класса к классу и влияния этого «багажа» на расширение объема изучаемого понятия, умения пользоваться им в нестандартных условиях проводилось анкетирование учащихся. Вопросы анкет охватывали содержание закономерностей, входящих в обобщенные естественнонаучные идеи, и понятий, связанных с ними, т. е.

касались теоретических основ естествознания (см. таблицу 3, где нумерация классов соответствует той, которая существовала во время анкетирования).

Ответы учащихся на вопрос о том, какие из известных им законов они считают основными законами природы или какие они знают основные законы природы, отражены в таблице 4.

Из таблицы видно, что около $2/3$ учащихся законы природы делят в зависимости от урока в школьном расписании: на уроке какого предмета поставлен вопрос, такие законы и перечисляют подряд, по порядку их изучения в том или ином курсе; они не пытаются выделить основные законы из всех изученных в школе. И лишь $1/3$ учащихся выделили основные законы самостоятельно; среди них были те, кто в качестве основных на первое место поставил законы сохранения, а потом все-таки дописал показавшиеся им основными такие законы, как закон всемирного тяготения, законы трения и др. Причем число этих учащихся при повторном анкетировании после усовершенствования программ в 80-е годы увеличилось, т. е. умение школьников выделять главное возросло. Однако процент таких учащихся невысок — около 10% до усовершенствования программ и около 20% — после. Мы считаем, что это обусловлено недостаточностью использования законов сохранения при объяснении явлений и частных законов, особенно на уроках химии и биологии. В результате учащиеся не выделяют фундаментальных законов из всех изучаемых в школе, не понимают, чем эти законы отличаются от остальных (неосновных), не видят единства их для различных явлений природы. Такое состояние знаний отражает уровень их мышления — это эмпирическое мышление, способное на простое перечисление имеющихся сведений. Таким образом, от класса к классу рост знаний о законах природы проявляется в механическом увеличении суммы изученных законов без связи их между собой в рамках как одного предмета, так и всего естествознания. Знания об основных законах природы не служат для учеников средством познания явлений мира природы и обобщения информации о них.

Особый интерес представляют нетипичные ответы школьников, в которых в ранг фундаментальных законов природы возведены наиболее полезные, по их мнению, законы и явления. После первого этапа исследования нам показалось, что эти ответы случайны. Но когда в контрольных работах, написанных через 15 лет в других регионах страны, были обнаружены точно такие же «основные законы природы» (смена времен года, круговорот воды в природе и т. п.), как

Таблица 3

Динамика развития некоторых естественнонаучных понятий

Понятие	Класс	Вопрос	Типичный ответ	Химия	Типичный ответ
I. Изменение и превращение энергии	VII	Какие можете привести примеры изменения внутренней энергии?	Превращение энергии при падении шарика на свинцовую плиту (61%) Превращение солнечной энергии (21%)	Почему при экзотермических реакциях выделяется теплота?	При экзотермических реакциях теплота выделяется, а при эндотермических — поглощается (62%). На основе термодинамических уравнений
	VIII	Какие примеры можете привести в подтверждение закона сохранения энергии и превращения энергии?	Переход потенциальной энергии в кинетическую и наоборот (60%) Превращение энергии воды и ветра (22%)	На основе какого закона вычисляются теплоты химических реакций? Почему тепловой эффект реакции нейтрализации для различных щелочей и кислот одинаков?	На основе термодинамических уравнений Потому что при этом выделяется молекулярная энергия
II. Какое явление природы		Формировка закона			

Таблица 3

Динамика развития некоторых естественнонаучных понятий

Понятие	Класс	Физика		Химия	
		Вопрос	Типичный ответ	Вопрос	Типичный ответ
1. Изменение и превращение энергии	VII	Какие можете привести примеры изменения внутренней энергии?	Превращение энергии при падении шарика на свинцовую плиту (61%) Превращения солнечной энергии (21%)	Почему при экзотермических реакциях выделяется теплота?	При экзотермических реакциях теплота выделяется, а при эндотермических — поглощается (62%)
	VIII	Какие примеры можете привести в подтверждение закона сохранения и превращения энергии?	Переход потенциальной энергии в кинетическую и наоборот (60%) Превращение энергии воды и ветра (22%)	На основе какого закона вычисляются тепловые эффекты химических реакций? Почему тепловой эффект реакции нейтрализации для различных щелочей и кислот одинаков?	На основе термохимических уравнений Потому что при этом образуется молекула воды
	IX	Какие явления природы можно объяснить на основе закона термодинамики?	Формулировка закона (30%) Изопроцессы в газах, действие тепловых двигателей (52%) Таяние снежков (1 ученик)	На основе какого закона вычисляются тепловые эффекты химических реакций?	При помощи термохимических уравнений
	X			Почему при экзотермических реакциях выделяется теплота?	Это условие протекания экзотермических реакций (60%)

(Ни в одном ответе по физике не было упомянуто о химических явлениях, ни в одном ответе по химии не был упомянут первый закон термодинамики в связи с вычислением тепловых эффектов химических реакций.)

Понятие	Класс	Физика		Химия	
		Вопрос	Типичный ответ	Вопрос	Типичный ответ
2. Строение и свойства вещества	VII	Что вы знаете о кристаллах, о кристаллическом веществе?	Есть монокристаллы и поликристаллы (60%) Есть такие кристаллы: соль, сахар, нафталин	Какие вы знаете типы кристаллов и каковы их свойства?	Типы кристаллов: ионные, атомные, молекулярные, металлические; ионные кристаллы, твердые, хрупкие, не проводят тока и т. д. (80%) (Ответы аналогичные.)
	VIII	Какие вы знаете типы кристаллов и каковы их свойства?	Типы: монокристаллы и поликристаллы (68%) Типы кристаллов: ионные, атомные, молекулярные (4%)		
	IX	Какие вы знаете типы кристаллов и каковы их свойства? Какие свойства вещества вы изучали и можно ли их предвидеть для определенного простого вещества?	Типы кристаллов: монокристаллы и поликристаллы (69%) Тугоплавкие и легкоплавкие, твердые и хрупкие, прочные и непрочные (11%) Изучали твердые, жидкие, газообразные вещества (31%) Изучали форму, запах, хрупкость, твердость, прочность и т. д. (32%)		

		Физика		Химия	
Понятие	Класс	Вопрос	Типичный ответ	Вопрос	Типичный ответ
(Ни один ученик на уроках физики не вспомнил о свойствах кристаллов, которые изучались в химии, не систематизировал известные ему свойства вещества (механические, тепловые, электрические), не обратился к периодическому закону при ответе на вопрос о предвидении свойств вещества. На уроках химии ни один ученик не написал о том, что знания о свойствах кристаллов используются на этих уроках. Ни в одной контрольной работе не было упомянуто о симметрии кристаллов.)					
Строение атома	VII	1. Представляют ли вы как-нибудь электрон и его движение в атоме?	Электрон — малюсенький шарик с отрицательным зарядом, движется вокруг ядра, как планета вокруг Солнца (90%)	Представляют ли вы себе...	Есть ли электроны...
	VIII	Аналогичный вопрос	Аналогичный ответ (70%)		

сства (31%)
Изучали форму, запах,
хрупкость, твердость,
прочность и т. д. (32%)

Продолжение

Понятие	Класс	Физика		Химия	
		Вопрос	Типичный ответ	Вопрос	Типичный ответ
(Ни один ученик на уроках физики не вспомнил о свойствах кристаллов, которые изучались в химии, не систематизировал известные ему свойства вещества (механические, тепловые, электрические), не обратился к периодическому закону при ответе на вопрос о предвидении свойств вещества. На уроках химии ни один ученик не написал о том, что знания о свойствах кристаллов используются на этих уроках. Ни в одной контрольной работе не было упомянуто о симметрии кристаллов.)					
3. Строение атома	VII	1. Представляете ли вы как-нибудь электрон и его движение в атоме?	Электрон — малюсенький шарик с отрицательным зарядом, движется вокруг ядра, как планета вокруг Солнца (90%)	Представляете ли вы себе как-нибудь электрон?	Есть <i>s</i> -электроны сферические, <i>p</i> -электроны в виде объемной восьмерки
	VIII	Аналогичный вопрос	Аналогичный ответ (70%)		
	X	Аналогичный вопрос	Электрон я представляю в виде <i>s</i> -электронов и <i>p</i> -электронов (12%) Электрон представляют в виде шарика, который вращается вокруг ядра (50%) Электроны представляются в виде облаков различных конфигураций — <i>s</i> , <i>p</i> , <i>d</i> -электроны (20%) Электрон в атоме вращается очень быстро, его нельзя представить,		

Понятие	Класс	Физика		Химия	
		Вопрос	Типичный ответ	Вопрос	Типичный ответ
4. Основные положения МКТ	VII	Какие явления можно объяснить при помощи основных положений о строении вещества?	как и спицы быстро вращающегося колеса (1 ученик) Согласно законам физики электрон имеет шарообразную форму и отрицательный заряд, а согласно законам химии — это облака различных конфигураций (1,5%)		
	IX	Какие явления природы можете объяснить при помощи МКТ?	Строение вещества (30%) Диффузия, броуновское движение (52%) Засолка овощей (2 ученика) Тепловые явления в макротелах (30%) Внутренние свойства тел (11%) Диффузию, броуновское движение (58%)	При помощи каких знаний вы объясняете поступление воды и питательных веществ в клетку, в организм? При объяснении каких процессов жизнедеятельности можно использовать знания об МКТ?	При помощи знаний о строении клетки и организма Процессов питания и дыхания организмов. Они объясняются на основе явления диффузии (60%)

Биология

Типичные ответы на уроке

Таблица 4

физики	химии	биологии	Нетипичные ответы
К основным законам можно отнести законы Паскаля, Архимеда, Ома, Ньютона, Гука, сохранения и превращения энергии, Кулона...	Основные законы природы — это законы Авогадро, постоянства состава, закон сохранения массы вещества, периодический закон (61—75%)	Основные законы природы: закон естественного отбора, законы Менделя, наследственности и изменчивости (60—75%)	На уроках физики: «Законы сохранения энергии, электрического заряда, импульса, закона всемирного тяготения, закон диалектики» (11—17%) На уроках физики, химии и биологии: «Все новыми я считаю законы трения, закона всемирного тяготения. Если бы не было этих законов, люди не могли бы ходить по земле жить» (2%) На уроках биологии и химии: «Угнетение кислорода в природе», «Смена времён года», «Смена дня и ночи», «Законы диалектики»

Таблица 4

Типичные ответы на уроке			Нетипичные ответы
физики	химии	биологии	
<p>К основным законам можно отнести законы Паскаля, Архимеда, Ома, Ньютона, Гука, сохранения и превращения энергии, Кулона...</p> <p>Основными я их считаю потому, что все они объясняют явления природы (63—76%)</p>	<p>Основные законы природы — это законы Авогадро, постоянства состава, закон сохранения массы вещества, периодический закон (61—75%)</p>	<p>Основные законы природы: закон естественного отбора, законы Менделя, наследственности и изменчивости (60—75%)</p>	<p>На уроках физики: «Законы сохранения энергии, электрического заряда, импульса, закон всемирного тяготения, закон диалектики» (11—17%)</p> <p>На уроках физики, химии и биологии: «Основными я считаю законы трения, закон всемирного тяготения. Если бы не было этих законов, люди не могли бы ходить по земле, жить» (2%)</p> <p>На уроках биологии и химии: «Круговорот кислорода в природе», «Смена времен года», «Смена дня и ночи», «Законы диалектики» (10—20%)</p>

и в контрольных работах, написанных ранее учащимися Киевской области, этот факт обратил на себя внимание. Беседы с учащимися показали, что мысль их шла к обобщению знаний о законах природы по тому пути, по какому они изучаются в школе. А поскольку после изучения каждого закона в физике или другом предмете рассматривается обычно его практическое приложение, т. е. оценивается его полезность, а другие признаки законов природы фактически не рассматриваются, то и обобщение знаний о законах произошло в соответствии с ориентировочной основой действия при их изучении: фундаментальность закона некоторыми учащимися определяется по их полезности людям. Свои практические действия в будущей деятельности они не будут соизмерять с законами природы, не смогут осознать необходимость им подчиняться, ибо у них уже сложилось убеждение, что человек должен только получать от природы пользу. Ясно, что в силу этого они могут в будущем нанести своей деятельностью непрогнозируемый заранее вред природе и обществу.

Обратимся теперь к таблице 3, по которой можно судить, как на протяжении VI—X (VII—XI) классов общими усилиями учителей физики, химии, биологии развиваются естественнонаучные понятия об изменении и сохранении энергии, атоме и свойствах вещества, о молекулярно-кинетической теории. Уровень их усвоения во многом определяет теоретический уровень усвоения всех естественнонаучных знаний, а сформированность этих понятий отражает развитость мышления школьников. Из содержания типичных ответов, приведенных в таблице, можно сделать следующие выводы.

В подтверждение действия одного из основных законов природы — закона сохранения и превращения энергии учащиеся VII—IX классов не могут привести никаких примеров, кроме тех, что имеются в учебниках. Это значит, что учителя вслед за учебником не использовали закон сохранения и превращения энергии для объяснения рассматриваемых явлений и частных законов, а сами учащиеся не смогли распространить его на те явления, которые не объяснялись при его помощи. Потому этот закон и не усвоен как основной закон природы, в сознании учеников он выступает в такой же роли, как закон Джоуля — Ленца или закон Ома, которые можно вывести из него.

Как известно, необходимым условием формирования правильных обобщений у школьников является варьирование несущественных признаков понятий, свойств и фактов при постоянстве существенного признака [10, с. 17]. Пол-

нота и адекватность обобщения содержания закона зависят от широты вариаций признаков этого закона в рассматриваемых примерах его проявления. Выделение из всех изучаемых законов общих законов природы дает возможность показать учащимся, как выявляется постоянство существенных признаков закона на протяжении изучения естествознания, а материал всех смежных предметов предоставляет безграничные возможности варьирования его несущественных признаков. Но эти возможности не реализуются в учебном процессе. Требуемые программами по физике, химии, биологии межпредметные связи, базирующиеся на законе сохранения и превращения энергии, недостаточны, а требований использовать общие законы природы в качестве ориентировочной основы умственных действий при освоении знаний о природе в них вовсе нет. В учебном процессе не раскрывается та роль общих законов природы, которую они играли и продолжают играть в эволюции естественнонаучной картины мира, они не выступают как инвариант знаний при переходе от одного этапа познания природы к другому, как основа объяснения явлений и обобщения знаний о природе. Не случайно в трех десятках обследованных школ нашелся лишь один ученик, который попытался применить закон сохранения и превращения энергии к объяснению явления, не рассматриваемого в учебниках, — процесса таяния снежков. Но и он, как и все остальные, не смог указать причину выделения теплоты (или ее поглощения) при химической реакции. Таким образом, применить знания об изменении внутренней энергии к химическим реакциям учащиеся не в состоянии, т. е. одно из важнейших понятий химии усвоено ими формально.

Это же относится ко многим фундаментальным понятиям естествознания. Можно ли считать глубоко усвоенным, например, понятие массы, если в ответах на вопрос «Какие превращения происходят с массой фотонов при поглощении их телом?» ученики пишут, что масса фотонов превращается во внутреннюю энергию тела, и ни один из них не задумывается над тем, как этот вывод согласуется с законом сохранения массы вещества, который является основным законом химии (согласно программе и учебнику). Тот факт, что теоретические основы не выделены в школьном естествознании, не служат сквозными принципами объяснения и обобщения знаний о природе, обуславливает абстрактность этих знаний, не позволяет реализовать в учебном процессе идеи развивающего обучения. Ведь для развития ученик должен иметь надежную опору, и в качестве такой опоры в освоении знаний о природе могут выступать фундаментальные,

наиболее общие законы природы. В такой роли в школьном естествознании рассматривается только закон сохранения и превращения энергии. Как он «работает» на развитие знаний учащихся, мы показали выше. Ясно, что состояние знаний об остальных общих законах природы еще хуже, так как их фундаментальность не выявляется и не осознается учащимися. Так, ни один из обследованных учеников не попытался применить закон сохранения электрического заряда к объяснению какого-либо явления; не вспомнил о том, что периодический закон можно использовать для приближенного предвидения физических свойств вещества.

Знания о строении и свойствах вещества во многом определяют теоретический уровень усвоения курсов физики и химии. Обратившись к типичным ответам учащихся VII—IX классов (таблица 3), можно выяснить, как процесс овладения этими знаниями влиял на развитие мышления, а значит, и личности школьников. Проследим за знаниями о кристаллическом строении вещества семиклассников, которые только начали знакомиться с этими сведениями; восьмиклассников, которые дополнительно получили их на уроках химии; девятиклассников, которые изучали свойства твердого тела и должны понимать их обусловленность строением вещества. У большинства учащихся всех классов знания о кристаллах на уроках физики исчерпываются представлениями о монокристаллах и поликристаллах, на уроках химии эти учащиеся пишут об ионных, атомных, молекулярных кристаллах. Свести в единое целое эти сведения даже девятиклассники не в состоянии. (Как и основные законы природы, они делят кристаллы на виды в зависимости от урока в школьном расписании: физика это или химия.) Обращение к типичным ответам о строении атома, об электроны показывает, что электроны и атомы ученики также делят на «физические» и «химические». На уроках физики электроны представляются в виде шарика с электрическим зарядом, а на уроках химии — в виде электронных облаков различной конфигурации.

Итак, состояние знаний учащихся на различных этапах изучения важнейших естественнонаучных понятий говорит о том, что процесс их усвоения мало способствует развитию теоретического мышления школьников, формированию их целостного мировоззрения. В результате наблюдается потеря потребности в знаниях у многих учащихся, так как при возрастании их объема и невозможности усвоить более тысячи малосвязанных между собой естественнонаучных понятий пропадает чувство необходимости знаний о природе, а механическое запоминание сведений ведет к безмыслию,

препятствует развитию личности. Вместо того чтобы, по выражению Н. А. Умова, постигать великую правду природы при изучении естествознания, учащиеся ощущают свое бессилие перед объемностью недостаточно систематизированных знаний о ней.

Вне целостной системы знания о природе оказываются абстрактными, и чем больше ученик знает разрозненных сведений о ней, тем меньше он их понимает — так знания обесцениваются вследствие их абстрактности. «Конкретность» или «абстрактность» знаний зависит не от того, насколько они близки к чувственным представлениям, а от их объективного содержания. «Если явление или предмет рассматриваются человеком безотносительно к некоторому целому, как внешне обособленное и самостоятельное, то это будет лишь абстрактное знание, какими бы «конкретными» примерами оно ни иллюстрировалось» [9, с. 126]. Ни привлечение опорных конспектов, ни включение игровых элементов в учебный процесс, ни гуманитаризация естествознания кардинально не улучшат его изучение, если оно не будет опираться на теоретическую базу — фундаментальные закономерности природы. Они должны быть основой целостности знаний о природе, содержанием мыслительного процесса учащихся при освоении ими учебного материала. При переходе от класса к классу, от предмета к предмету они могут быть инвариантом знаний о природе, обеспечивающим их осмысленное восприятие. Необходимо учитывать, что «движение мысли вообще не может осуществляться, поскольку дело идет о стремлении к истине, если в этом движении нет фиксированных, тождественных себе моментов. Если в процессе мышления мы будем менять исходные посылки, если не будем обращать внимание на инвариантность некоторых основных принципов, то достижение истины становится невозможным. Если в процессе мышления нет сохраняющихся моментов, то такое мышление далеко от истины, точнее говоря, это уже не мышление, а случайный набор слов, чисто внешняя оболочка мысли, с помощью которой непосвященному человеку можно доказать что угодно» [35, с. 151]. Познание фундаментальных закономерностей природы, овладение умением пользоваться ими формирует естественнонаучную картину мира в сознании учащегося, его мировоззрение, а мировоззренческие знания способствуют формированию целостной личности.

Интересно, что в народной педагогике широко использовались знания о взаимосвязях в природе для развития нравственных качеств детей, для передачи им правил поведения не авторитарно, не по принципу приказа. К сожалению,

нию, это уже отошло в область «предания», предрассудков. Так, забылся мудрый смысл ранее широко известных на украинском Полесье народных присловий: «замахнешься на мать — рука отсохнет», «загадишь дорогу — мать скоро умрет», «левый сапог наденешь на правую ногу — в лесу заблудишься» и др. Ведь если ребенок так невнимателен, что левый сапог надевает на правую ногу, то ясно, что в лесу он заблудится. И если он с малых лет привыкает не уважать мать, не считаться с людьми, то со временем и люди к нему будут относиться соответственно, но от этого будет больнее матери, что и сведет ее раньше времени в могилу... Конечно, невозможен возврат к тем правилам, которые регулировали отношения человека с природой в прошлом. Но основывать эти отношения совершенно необходимо на знании законов природы в настоящем.

6. ИЗМЕНЕНИЕ УЧЕБНЫХ ПРОГРАММ С ЦЕЛЬЮ ИХ ОРИЕНТАЦИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЕНКМ

Этапы формирования ЕНКМ при изучении физики, химии, биологии

Определяя этапы формирования ЕНКМ, мы опираемся на историко-методологический анализ эволюции естественно-научной картины мира и психолого-педагогические основы формирования понятий, разработанные Н. А. Менчинской, А. В. Усовой и др.

Анализ эволюции ЕНКМ показывает, что она начала складываться с утверждения в науке обобщенных естественнонаучных идей — идеи сохранения, периодичности процессов. Наиболее ярким и первым выражением идеи сохранения была идея дискретности вещества: она дала начало законам сохранения массы вещества, электрического заряда. Открытие законов сохранения дало возможность получить единую научную картину мира, но расцвета своего первая ЕНКМ достигла после создания механической теории. Дальнейшее развитие картины мира показывает, что теоретическое освоение действительности всегда предшествовало торжеству той теории, которая приводила к утверждению каждой из ЕНКМ. Аналогично должно идти формирование ЕНКМ и в педагогическом плане. Картина мира не должна здесь являться итогом обобщения учебного материала на основе физических теорий; формирование ее должно предшествовать изучению теорий и начинаться с рассмотрения обобщенных естественнонаучных идей. Так, например, построен курс физики VII—VIII классов, где идея дискрет-

ности вещества выступает как основная его идея, а задача-то заключается в том, чтобы она выступала как идея всего естествознания. Мы предлагали формировать ЕНКМ в 5 этапов.

1-й этап мы связываем с естествознанием VII класса, включающим физику, биологию, физическую географию. Общими для них должны быть такие понятия, как дискретность вещества, направленность процессов в природе, сохранение массы вещества во всех рассматриваемых явлениях, связь симметрии объектов с устойчивостью их механического равновесия, сохранение механической энергии при ее взаимопревращениях, минимум потенциальной энергии тела в состоянии устойчивого равновесия. Эти понятия выступают как обобщенные естественнонаучные идеи-представления о закономерностях природы, позволяющие обобщать знания о ней, и служат в качестве ориентиров для создания системы знаний о природе.

2-й этап охватывает изучение естествознания в VIII классе, где на уроках физики, химии, биологии рассматриваются законы сохранения энергии, массы вещества, электрического заряда, периодический закон, дается первое представление о законах, определяющих направленность процессов. Получив в VII классе подготовку к восприятию закона о минимуме потенциальной энергии и о направленности процессов в статистических системах как общих законов природы, здесь ученики получают представление об их статусе как общих закономерностей природы, пользуются ими как естественной основой для объяснения частных законов и закономерностей, а через них — явлений, эмпирических зависимостей. Так выделяется слой фундаментального знания о природе, обеспечивающего объяснение всех других его элементов. Происходит структурирование естественнонаучных знаний, необходимое для выделения их ядра для построения ЕНКМ. Учащиеся усваивают и существенный признак ЕНКМ — упорядочение знаний о природе на основе фундаментальных закономерностей, которые являют собой систему, внутреннее единство. (Определения ЕНКМ здесь еще не даем.)

3-й этап связываем с IX классом, где начинает изучаться одна из первых естественнонаучных теорий, которая обусловила утверждение первой механической ЕНКМ. В начале учебного года даем определение картины мира, описываем ее структуру, отмечаем ее отличия от теории. На протяжении года идет «отслаивание» знаний по физике, химии, биологии, составляющих естественнонаучную картину мира. Причем современная картина мира сравнивается с механической.

Последняя служит для варьирования несущественных признаков понятия ЕНКМ, чтобы представление о современной картине мира сформировать с возможно большей полнотой. Однако на этом этапе его еще нельзя считать окончательно сформированным, поскольку оно связано с единичным образом.

4-й этап — это формирование ЕНКМ в X—XI классах, в результате которого учащиеся усваивают понятие картины мира, ее структуру и связь с теориями.

5-й этап — рассмотрение исторического процесса и эволюции ЕНКМ в интегративном курсе «Эволюция естественнонаучной картины мира», в результате которого создается представление о ЕНКМ как элементе культуры, отражающем стиль мышления людей, их позицию по отношению к природе, взаимоотношение природы и общества.

Руководящим принципом изменения учебных программ с целью ориентации их на формирование ЕНКМ является положение о том, что при конструировании содержания образования мировоззренческий его элемент выполняет четыре функции: части самого содержания, цели, ориентира и средства его построения [42, с. 79]. Поскольку ЕНКМ входит в диалектико-материалистическое мировоззрение в качестве одного из главных компонентов, то при определении содержания естественнонаучного образования знания об основаниях ЕНКМ должны быть целью изучения учебных предметов, входить как основная часть в планируемый результат обучения, в содержание учебного материала, обуславливать построение его.

При изменении учебных программ с указанной целью должно учитываться следующее. Уменьшение объема учебного материала по физике, химии, биологии в базовых курсах не может быть сведено к механическому сокращению содержания программ, исключению теоретических вопросов, которые почему-либо трудны для учащихся. Учение не может быть легким — интеллектуальный труд самый тяжелый, и учащиеся должны это знать, понимать и учиться преодолевать трудности. К тому же с развитием науки сложность материала, изучаемого в школе, возрастает; увеличивается объем информации, а потому нужно искать способы увеличения емкости изучаемых сведений о природе посредством их фундаментализации. Мы предлагаем реализовать это путем выделения основных, общих закономерностей природы и использования их для обоснования всех остальных знаний, обобщения их. Наш собственный опыт и опыт других учителей, принявших нашу методику, показал, что применение фундаментальных закономерностей в качестве основа-

ний ЕНКМ для систематизации естественнонаучных знаний при выделении их ядра, для установления логической структуры учебного материала, управления учебной деятельностью учащихся не требует добавочного учебного времени, но повышает уровень усвоения фактического материала.

Реализация принципа интеграции и обоснования знаний на основе фундаментальных закономерностей природы требует изменения программ предметов естественнонаучного цикла, ориентирующих учебный процесс на формирование целостности знаний и сознания учащихся. Изменения можно свести к следующим.

1. Раздел «Основные требования к знаниям и умениям учащихся» должен содержать требования:

Знать	Уметь
Содержание обобщенных естественнонаучных идей, основных законов природы Иерархию законов природы Содержание ядра естественнонаучного знания Содержание интегрального образа природы	Различать понятия по степени их общности, разделять законы на фундаментальные и специфические Объяснять понятия, факты, частные законы и закономерности на основе общих, фундаментальных законов Составлять структурно-логические схемы и устанавливать ядро естественнонаучных знаний, интегральный образ природы

В соответствии с этими требованиями названный раздел включает критерии сформированности естественнонаучного миропонимания учащихся в каждом классе. На основе опыта работы можно предложить такие критерии целостности знаний учащихся.

VII класс

1) Знание содержания общих идей (идеи дискретности вещества, сохранения массы вещества и энергии, направленности процессов в природе, периодичности процессов); знание того, что эти идеи являются главными, наиболее общими знаниями о природе в VII классе.

2) Знание различия между частными законами и закономерностями и общими идеями, умение применять их при объяснении частных закономерностей и явлений природы, изучаемых на уроках физики, физической географии.

3) Знание ядра естественнонаучных знаний как системы частных законов и закономерностей, установленной на основе названных обобщенных идей; умение составлять

структурно-логические схемы тем физики, физической географии, биологии на основе частных закономерностей и общих идей.

4) Умение составлять «образ природы» с использованием структурно-логических схем.

5) Выявление эмоционально-ценностного отношения к знаниям о природе и к природе.

VIII класс

1) Знание содержания основных законов природы (законов сохранения массы вещества, энергии, электрического заряда, периодического закона, закона о направленности процессов в системах, состоящих из большого количества хаотически движущихся частиц, закона о минимуме потенциальной энергии); содержания обобщенных идей (идеи сохранения, направленности процессов в природе, периодичности их); понимание общности этих знаний для всех предметов естественного цикла, их обобщающей и объясняющей способности.

2) Умение различать основные законы природы и специфические законы, устанавливать связь между этими группами законов на основе общих идей; объяснять частные законы и явления природы при помощи основных законов.

3) Знание ядра естественнонаучных знаний в соответствии с содержанием физики, химии, биологии в VIII классе, умение составлять структурно-логические схемы тем и на их основе выделять ядро знаний.

4) Умение составлять «образ природы» в соответствии с массивом знаний о природе, полученных в VIII классе.

5) Умение делать мировоззренческие выводы и давать этическую оценку знаниям о природе.

IX класс

1) Знание основных законов и общих идей, усвоенных в VIII классе, но в более расширенном содержании: в идею сохранения следует уметь включать понятие об идее относительности и идее однородности пространства и времени; в идею периодичности — закономерности колебательного и волнового движения, понятие о ритмичности процессов жизнедеятельности; понимание этих знаний как наиболее емких среди всех остальных знаний о природе и обладающих большой объясняющей и обобщающей способностью.

2) Знание структуры и содержания понятия ЕНКМ, роли фундаментальных закономерностей, выражаемых общими

идеями, как оснований составления ЕНКМ; знание структуры и содержания механической теории, ее связи с ЕНКМ; знание о том, что наиболее крупной дидактической единицей в отдельном предмете является естественнонаучная теория, а в естествознании — ядро естественнонаучных знаний.

3) Умение составлять структурно-логические схемы тем на основе общих идей и частных законов, их систем, специфических для каждого предмета идей; выделять ядро естественнонаучного знания и знать его содержание; объяснять частные законы и закономерности с применением фундаментальных законов, общих идей.

4) Умение различать обобщение знаний на уровне теории от обобщения знаний на уровне ЕНКМ; составлять «образ природы» в IX классе.

5) Умение делать мировоззренческие выводы на основе фундаментальных закономерностей природы и на основе «образа природы».

X класс

Критерии, установленные для IX класса, дополняются следующими требованиями по каждому из них:

1) Знание обобщенных естественнонаучных идей (с включением в идею направленности процессов закона естественного отбора, в идею периодичности — понятия о круговоротах веществ в биосфере).

2) Знание причин эволюции картины мира и роли в этом процессе естественнонаучных теорий.

3) Умение выявлять систему законов, представляющих ядро теории, и устанавливать их связь с фундаментальными закономерностями природы.

4) Умение включать в образ природы системы закономерностей, устанавливать их связь со структурными элементами теории.

5) Умение делать философские обобщения на основе естественнонаучных идей.

XI класс

Вышеуказанные дополнения относятся и к критериям сформированности ЕНКМ учащихся XI класса. Кроме того, они должны включать дополнения, касающиеся интегративного курса (раздела) «Эволюция естественнонаучной картины мира»: 1) знание этапов эволюции ЕНКМ и содержания обобщенных идей, являющихся инвариантом в этом процессе; связи идей с основными законами природы; 2) уме-

ние обобщать знания по физике, химии, биологии и другим предметам на основе понятий ЕНКМ, делать мировоззренческие выводы на основе этих обобщений; 3—4) понимание места ЕНКМ в общей научной картине мира, влияния ее эволюции на стиль мышления; 5) понимание роли человека в природе и обществе.

Приведенные выше критерии должны быть едиными для всех предметов естественнонаучного цикла. Введение их в программы определяет выделение оснований ЕНКМ как теоретических основ естествознания, основы генерализации учебного материала, систематизации внутрипредметных и межпредметных связей, установления логической структуры отрезков учебного материала по естественным предметам.

2. Понятия, составляющие основания ЕНКМ, включаются в содержание естественнонаучных предметов за счет переформулировки изучаемых в действующих программах понятий (такие понятия в таблице 1 выделены разрядкой).

Объем учебного материала естественнонаучных предметов и бюджет времени на их изучение остаются в тех же пределах, что и при действующих программах.

3. Всестороннее изучение знаний, составляющих основания ЕНКМ, теоретические основы естествознания, происходят в процессе структурирования и обоснования знаний на основе частных и фундаментальных закономерностей природы. Для этого необходимо:

а) учебный материал тем, предлагаемых программами, структурировать в отношении законов природы. В каждой теме выделить систему законов (закономерностей), являющихся ядром теоретических обобщений в данном отрезке учебного материала. Указать варианты идей (понятий), при помощи которых материал темы может быть структурирован и введен в систему знаний по предмету («мир» физических, химических, биологических явлений) и в ЕНКМ; предложить перечень средств обучения, используемых в процессе формирования целостных знаний, по каждой теме целесообразно планировать урок «Структурирование и информатизация знаний»;

б) включить в программы систему интегративных дней и сопутствующих им занятий (межпредметных консультаций, межпредметных контрольных работ, межпредметных практикумов, конференций).

В интегративные дни уроки физики, химии, биологии (в VII классе — и уроки физической географии) ставятся в школьном расписании один за одним и посвящаются обобщению материала названных предметов на основе

одного из важных
мости от того, ка
ственность за изуч
того учителя и про
товке и проведении
метный процесс
класса. Практика
чающие пять инте
ный, физический, х
ный — посвященны
Тематика интег
естественнонаучны
Выявляются те по
интеграции и обос
роде; обсуждается
на рассмотрение
использованы для с
щих уроков. Выб
таблица 1: в числ
которые имеют макс
Из опыта работ
тематика интеграт
VII класс: ввод
вещества в объясн
ники энергии на э
фия); разнообрази
логия); заключит
VII классе. (В пос
щие интегративные
VIII класс: тепл
дический закон — с
вещества (химия);
IX класс: обзор
литическая диссоц
основа объяснения
X класс: стат
(физика, химия, б
ствия в природе
нических веществ
на Земле (биологи
XI класс: пери
и свойства веществ
(все три тематик
ковой мере физики
целесообразно пров
готовки к экзамен

одного из важных естественнонаучных понятий. В зависимости от того, какой предмет несет наибольшую ответственность за изучение данного понятия, под руководством того учителя и проводится «день». Но участвуют в подготовке и проведении «дня» все учителя, ведущие межпредметный процесс формирования ЕНМП учащихся данного класса. Практика показала, что целесообразны циклы, включающие пять интегративных дней в каждом классе: вводный, физический, химический, биологический, заключительный — посвященный защите «образа природы».

Тематика интегративных дней составляется учителями естественнонаучных предметов на основе анализа программ. Выявляются те понятия, которые играют большую роль в интеграции и обосновании (аксиоматизации) знаний о природе; обсуждается, какие из них должны быть вынесены на рассмотрение во время интегративных дней, а какие использованы для систематизации знаний во время обобщающих уроков. Выбрать такие понятия поможет учителям таблица 1: в число выделенных попадут те понятия, которые имеют максимальное количество связей.

Из опыта работы можно предложить один из вариантов тематики интегративных дней.

VII класс: вводный; роль знаний о строении и свойствах вещества в объяснении явлений природы (физика); источники энергии на земной поверхности (физическая география); разнообразие растительного и животного мира (биология); заключительный — «Мой «образ природы» в VII классе. (В последующих классах покажем только текущие интегративные дни.)

VIII класс: тепловые явления в природе (физика); периодический закон — основа систематизации знаний о свойствах вещества (химия); эволюция животного мира (биология).

IX класс: обзор организма человека (биология); электролитическая диссоциация (химия); законы сохранения — основа объяснения явлений природы (физика).

X класс: статистические закономерности в природе (физика, химия, биология); электромагнитные взаимодействия в природе (физика); закономерности строения органических веществ (химия); условия существования жизни на Земле (биология).

XI класс: периодические явления в природе; строение и свойства вещества; закономерности процессов микромира (все три тематики интегративных дней касаются в одинаковой мере физики, химии, биологии). В выпускном классе целесообразно проводить интегративные дни в процессе подготовки к экзаменам.

4. Программы должны содержать элементы знаний, входящих в основания ЕНКМ. Как было показано выше, большинство из них есть в программах, но не в качестве знаний о фундаментальных закономерностях природы, единых для всех ее явлений и частных законов. Придать такое качество этим элементам знаний (законам сохранения энергии, массы вещества, электрического заряда, периодическому закону, идее дискретности вещества и энергии в микромире, идее корпускулярно-волнового дуализма, однородности пространства и времени, симметрии объектов окружающего мира) можно простым способом: они должны входить в программу каждого предмета как фундаментальные знания, используемые для обоснования всех остальных. Дублирования одного и того же материала на уроках различных предметов это не вызовет, потому что применение законов будет определяться особенностями каждой дисциплины, например, закон сохранения и превращения энергии на уроках физики рассматривается подробно, дается его формулировка, раскрывается смысл, а на уроках химии или биологии используются эти знания — содержание, формулировка, математическое выражение и т. д. Чтобы выступать в таком качестве, общие законы должны фигурировать в программе не только в межпредметных связях, а указываться рядом с тем явлением или частным законом, которые предлагаются к изучению и которые объясняются на основе общего закона природы.

В таблице 1 показано (выделенные разрядкой вопросы), как можно ввести элементы знаний о фундаментальных закономерностях в программы. В этой таблице фигурирует и понятие о направленности природных процессов, которое в действующих программах не упоминается. Его введение не увеличит объема учебного материала; поскольку понятия о потенциальной энергии, силовом поле, взаимодействии объектов, на основе которых складывается представление о законе минимума потенциальной энергии, в программе по физике есть, этот закон фактически касается лишь одной из сторон изменения потенциальной энергии — аспекта ее минимума. Сказанное относится и к рассмотрению направленности процессов в системах, состоящих из огромного числа частиц; он тоже опирается на знания о хаотическом движении частиц и явлении диффузии и не требует увеличения объема учебного материала. Необходима лишь соответствующая трактовка изучаемого, ориентирующая мысль ученика на осознание направленности процессов в окружающем мире.

7. МЕТОДЫ
В ВЫДЕЛЕНИИ

Специфическое
целостного ЕНКМ
ния является Е
она проявляется
нонаучных зна
номерности при
тировочной осно
установлении л
формировании о
Процесс фор
в несколько стад
I — вводный
обозрение целей
ции знаний на
деятельности уча
формирования Е
II — выделен
мах физики, хи
используется де
основе фундаме
III — практи
роды (решение
нение лаборатор
ние рефератов и
IV — установ
V — интеграц
шающих уроков
VI — система
ведения заключ
природы».

Методы неот
рассмотрим их на
нии раздела «Мо
Основы мето
интегративно
В зависимости
«дня», он может
зики, химии, био
классов. План
шими междисци
ранее объяв

7. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕНКМ И ИХ РОЛЬ В ВЫДЕЛЕНИИ ЯДРА ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Специфичность методов, применяемых при формировании целостного ЕНМП учащихся, в том, что средством его создания является ЕНКМ. На каждом этапе ее формирования она проявляется как исходная основа изучения естественнонаучных знаний и его итог, а фундаментальные закономерности природы — как инструмент установления ориентировочной основы действий при построении доказательств, установлении логической структуры учебного материала, формировании обобщений.

Процесс формирования ЕНКМ на каждом этапе идет в несколько стадий:

I — вводный интегративный день (общее теоретическое обозрение целей и объема работы по интеграции и концентрации знаний на данном этапе; планирование всех видов деятельности учащихся и учителей данного цикла в процессе формирования ЕНКМ);

II — выделение программных вопросов в изучаемых темах физики, химии, биологии, при рассмотрении которых используется дедуктивное и индуктивное их объяснение на основе фундаментальных закономерностей природы;

III — практическое применение знаний о единстве природы (решение задач межпредметного характера, выполнение лабораторных и исследовательских заданий, написание рефератов и др.);

IV — установление структурно-логических схем;

V — интеграция и концентрация знаний во время обобщающих уроков и интегративных дней;

VI — систематизация знаний во время подготовки и проведения заключительного интегративного дня «Мой образ природы».

Методы неотделимы от содержания знаний, поэтому рассмотрим их на примере формирования ЕНКМ при изучении раздела «Молекулярная физика» в X классе.

Основы методики проведения вводного интегративного дня

В зависимости от объема задач, решаемых на протяжении «дня», он может проводиться на двух или трех уроках (физики, химии, биологии) для двух или более параллельных классов. План «дня» обсуждается всеми учителями, ведущими межпредметный процесс формирования ЕНМП, и заранее объявляется учащимся. Они готовят слайды, описы,

вают интересные наблюдения за природой, которые могли проводиться на протяжении лета, делают обзор научно-популярной литературы, прочитанной на каникулах. Учителя готовят средства наглядности (таблицы, кинофильмы, интересные слайды, структурно-логические схемы (СЛС) учащихся прошлых лет).

План «дня»

1. Цели изучения физики, химии, биологии в X классе и одна из них — интеграция знаний на основе фундаментальных закономерностей природы, концентрация знаний в удобные для запоминания и использования памятью блоки (один из учителей).

2. Основные положения ЕНКМ, которая была создана в сознании учащихся в IX классе, и ее отличие от той ЕНКМ, которая будет формироваться в X классе:

а) учение Дарвина и эволюционные идеи в науке; задачи изучения биологии в X классе (учитель биологии);

б) статистические закономерности и их отличие от законов механики; отличие механической ЕНКМ и формируемой в X классе (учитель физики);

в) значение открытия периодического закона для создания ЕНКМ, отличной от механической картины мира (учитель химии); задачи изучения химии в X классе.

3. Общие задачи, решаемые при изучении физики, химии, биологии:

а) формирование ЕНКМ и ее остова — ядра естественнонаучных знаний;

б) установление структурно-логических схем тем как средство выделения ядра естественнонаучных знаний и объединения информации в удобные для хранения и использования блоки;

в) демонстрация «образов природы» и структурно-логических схем, образцовых и имеющих недостатки, выполненных десятиклассниками прошлых лет (один из учителей);

г) план подготовки к последующим интегративным дням.

4. Обсуждение требований к организации работы над СЛС:

а) указывается условие работы над схемой: самостоятельно или в составе деятельной группы, в которую входят несколько учащихся (руководитель группы, «физик», «химик», «биолог», «художник», «обозреватель» литературы и др.);

б) объясняются условия защиты схемы на интегративном дне или обобщающем уроке: понимание элементов знаний схемы, ее внутренних и внешних связей, ее места в ЕНКМ,

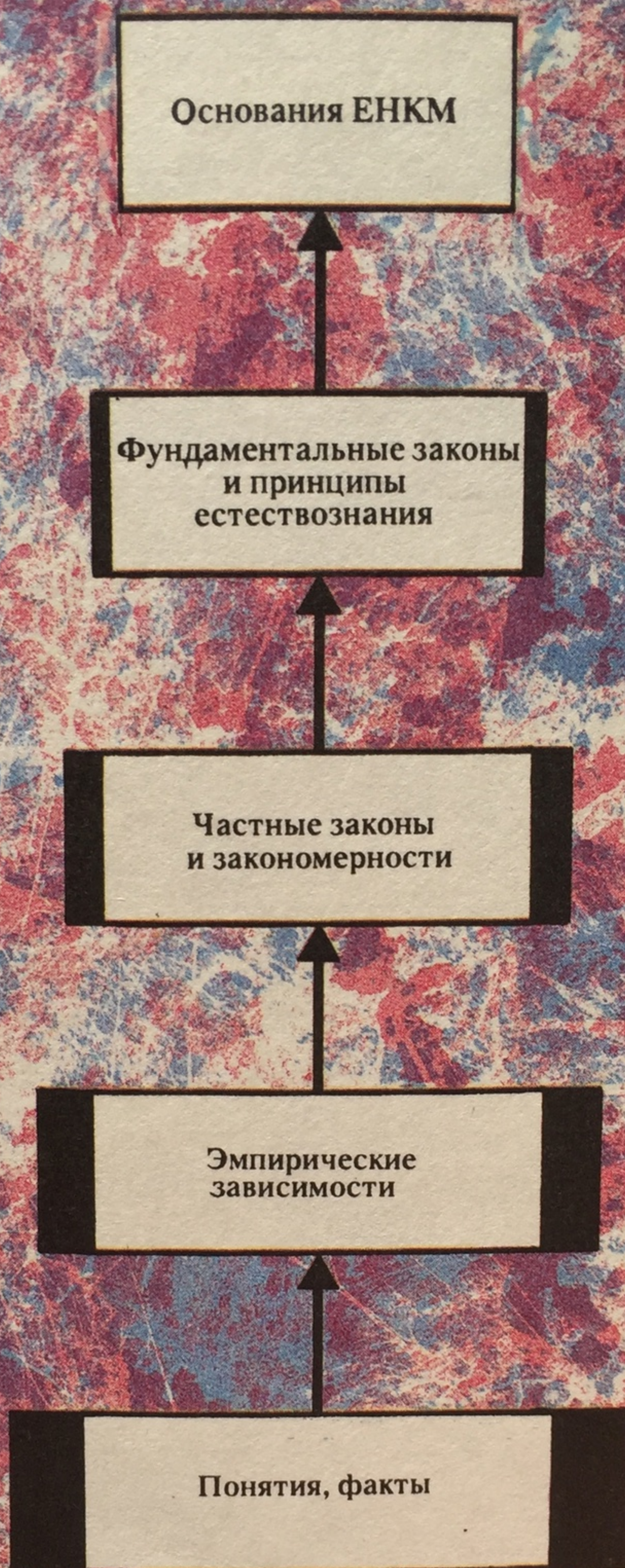
Взаимодействия

Ос

За

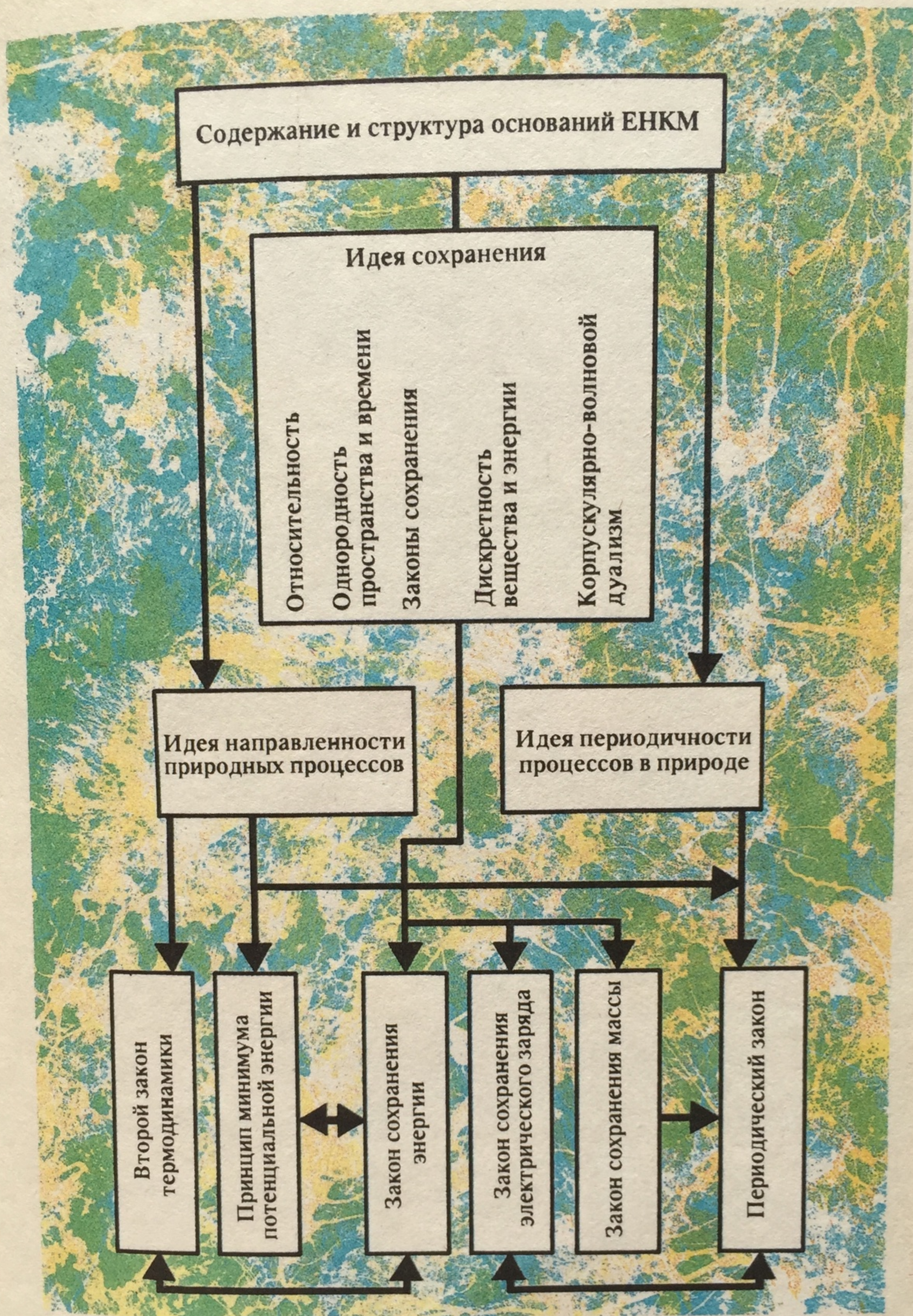


1. Схема 1. Структура понятия «естественнонаучная картина мира».

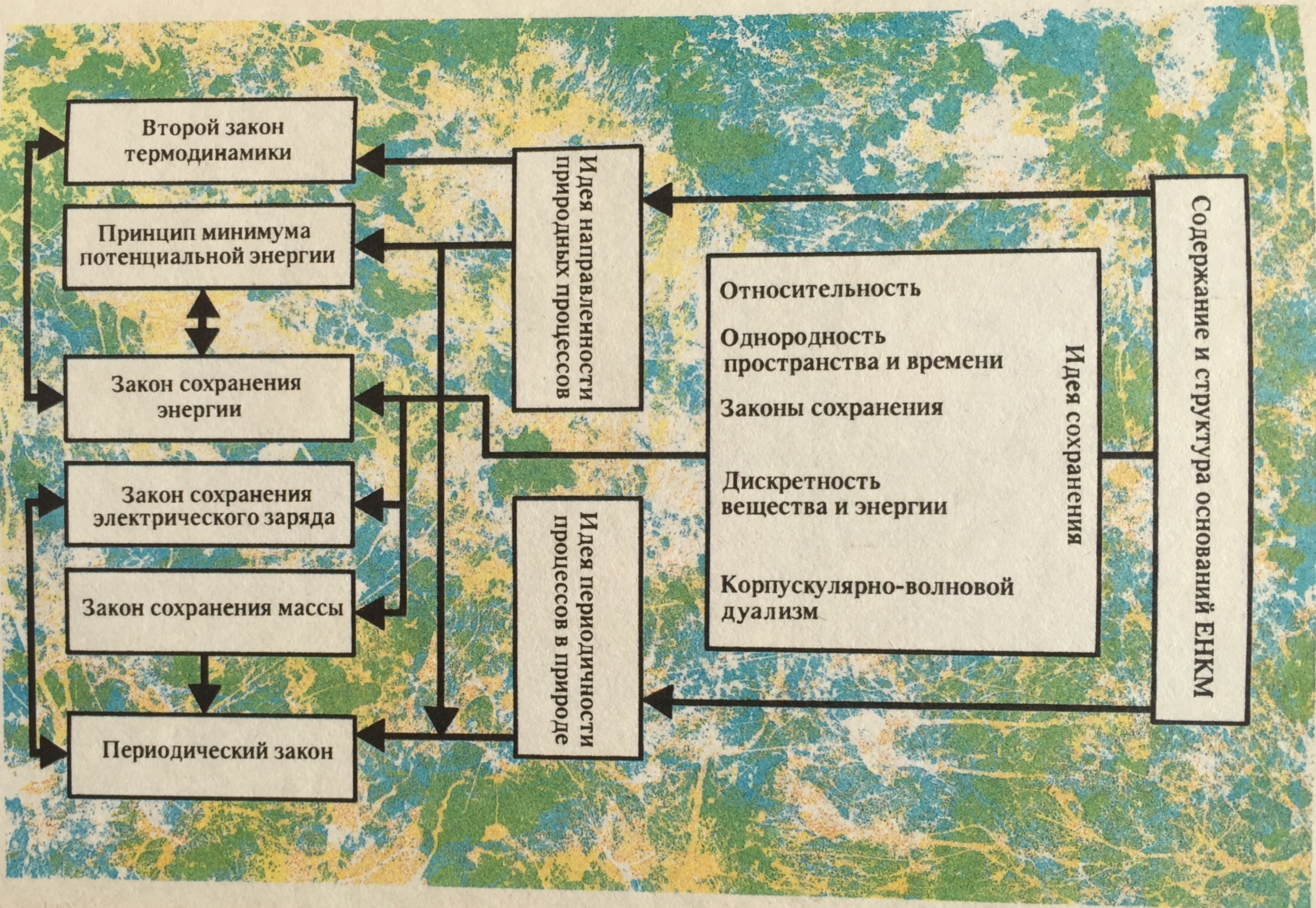


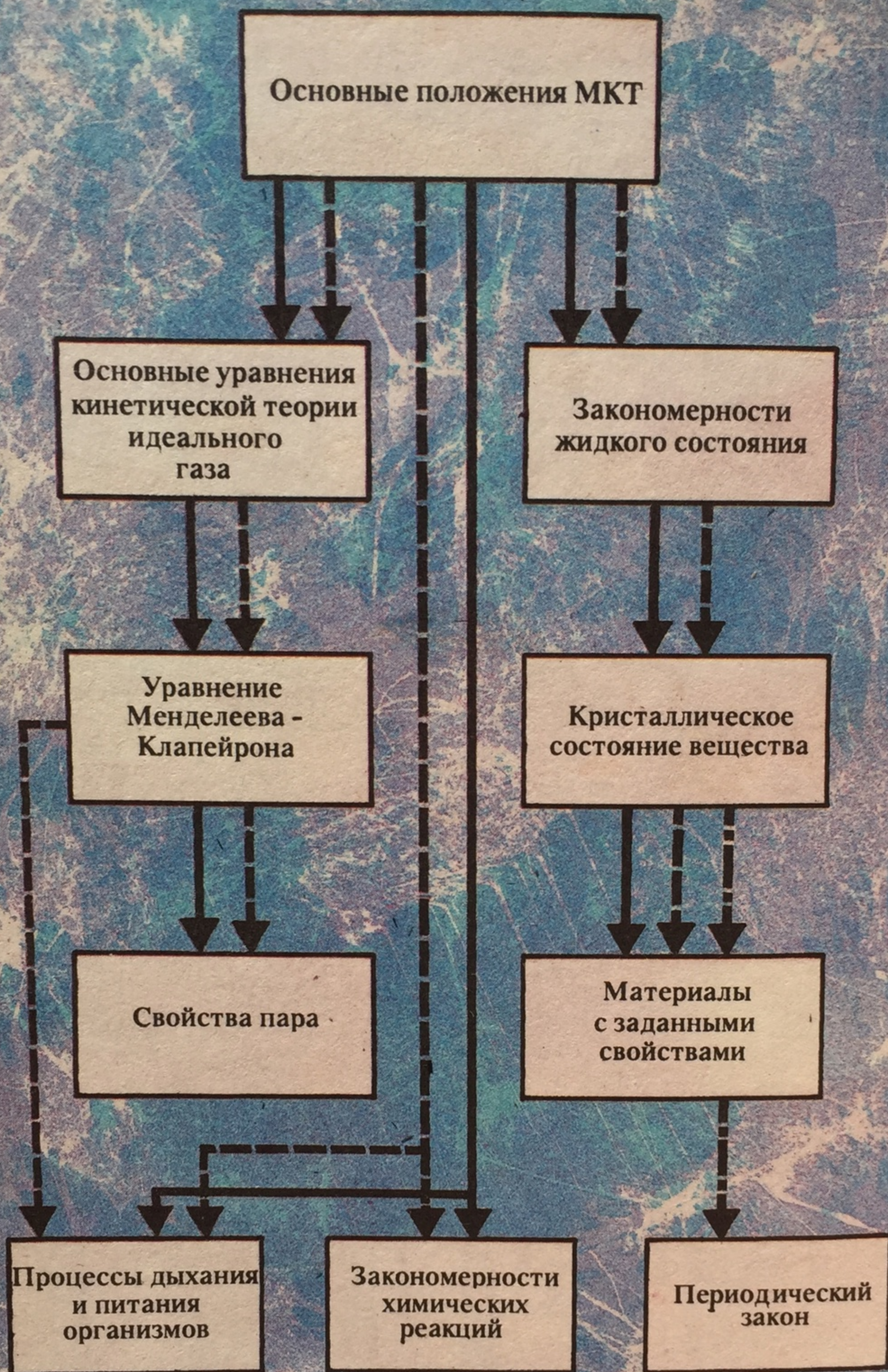
II. Схема 2. Структура школьного естественнонаучного знания согласно иерархии законов природы.

III. Схема 3.



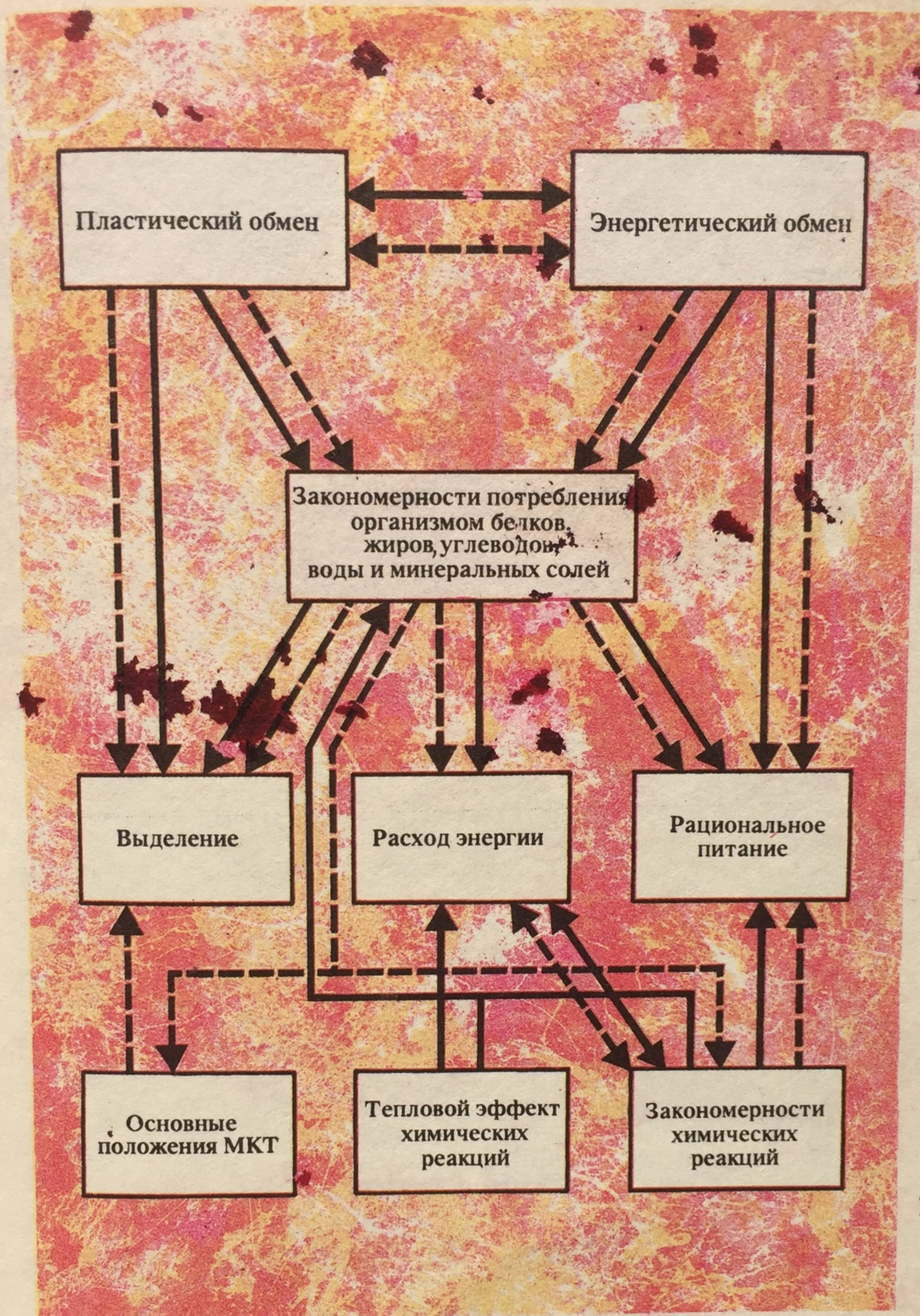
III. Схема 3.



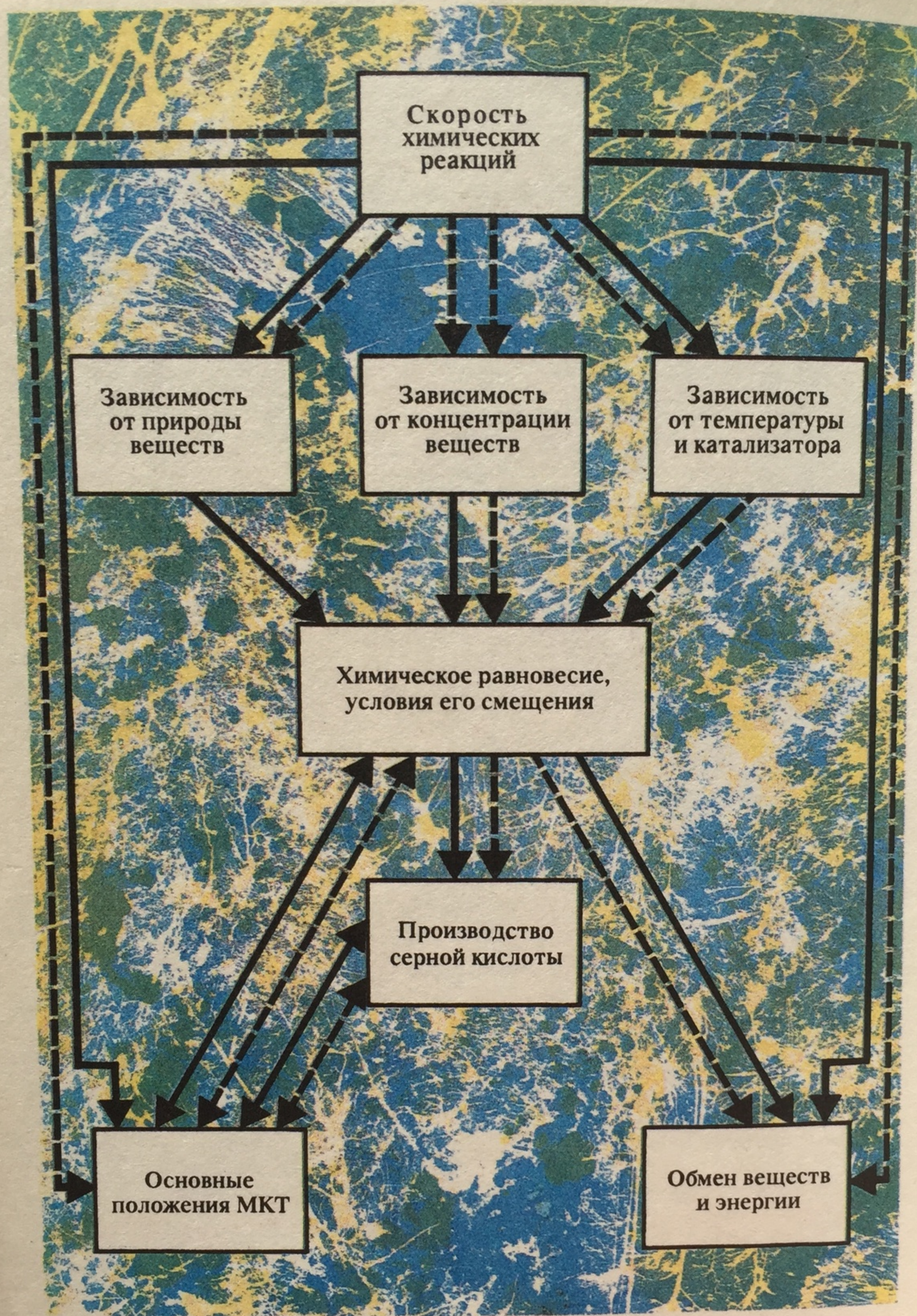


IV. Схема 4. СЛС темы «Основы молекулярно-кинетической теории» и ее межпредметных связей (физика, X класс).

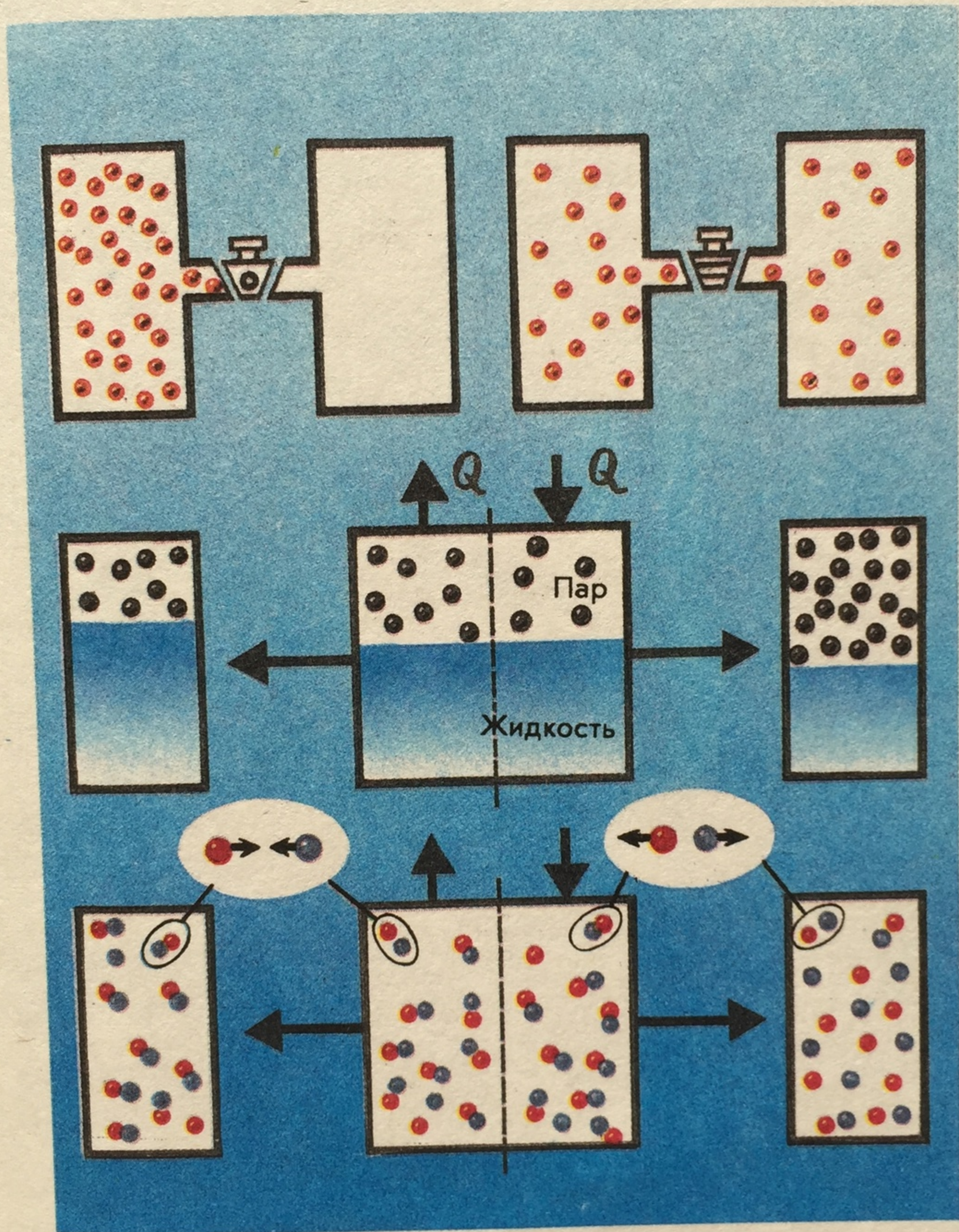
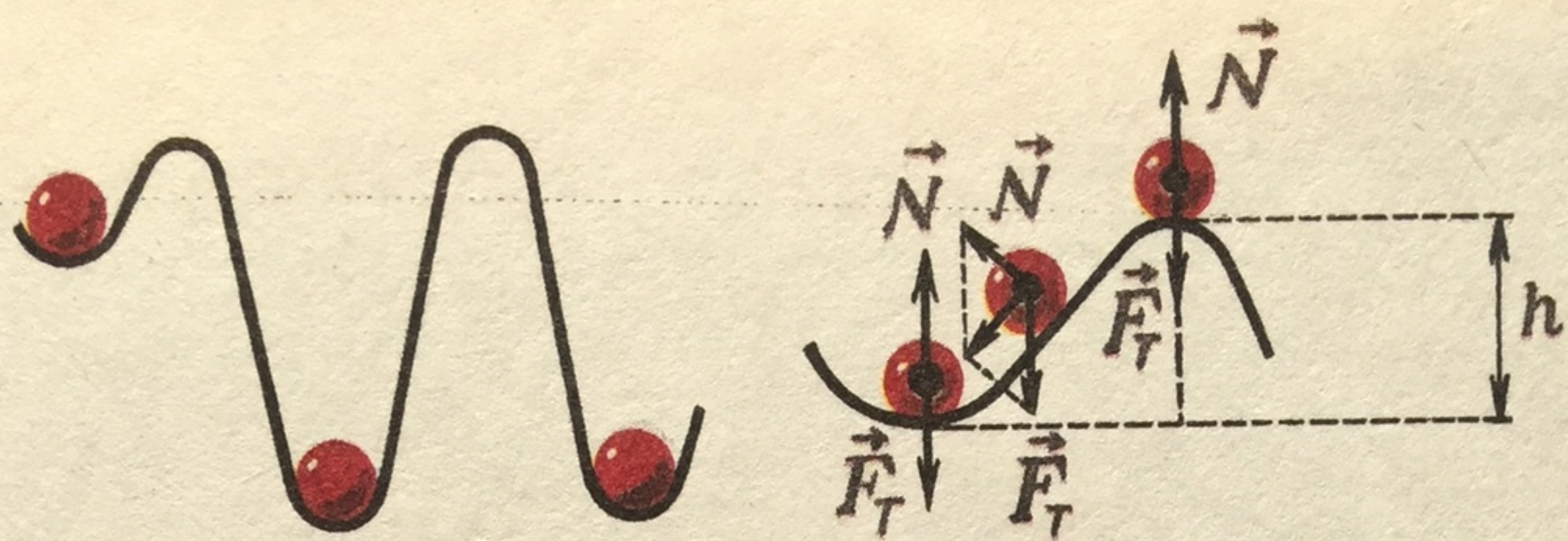
V. Схема
связей (а



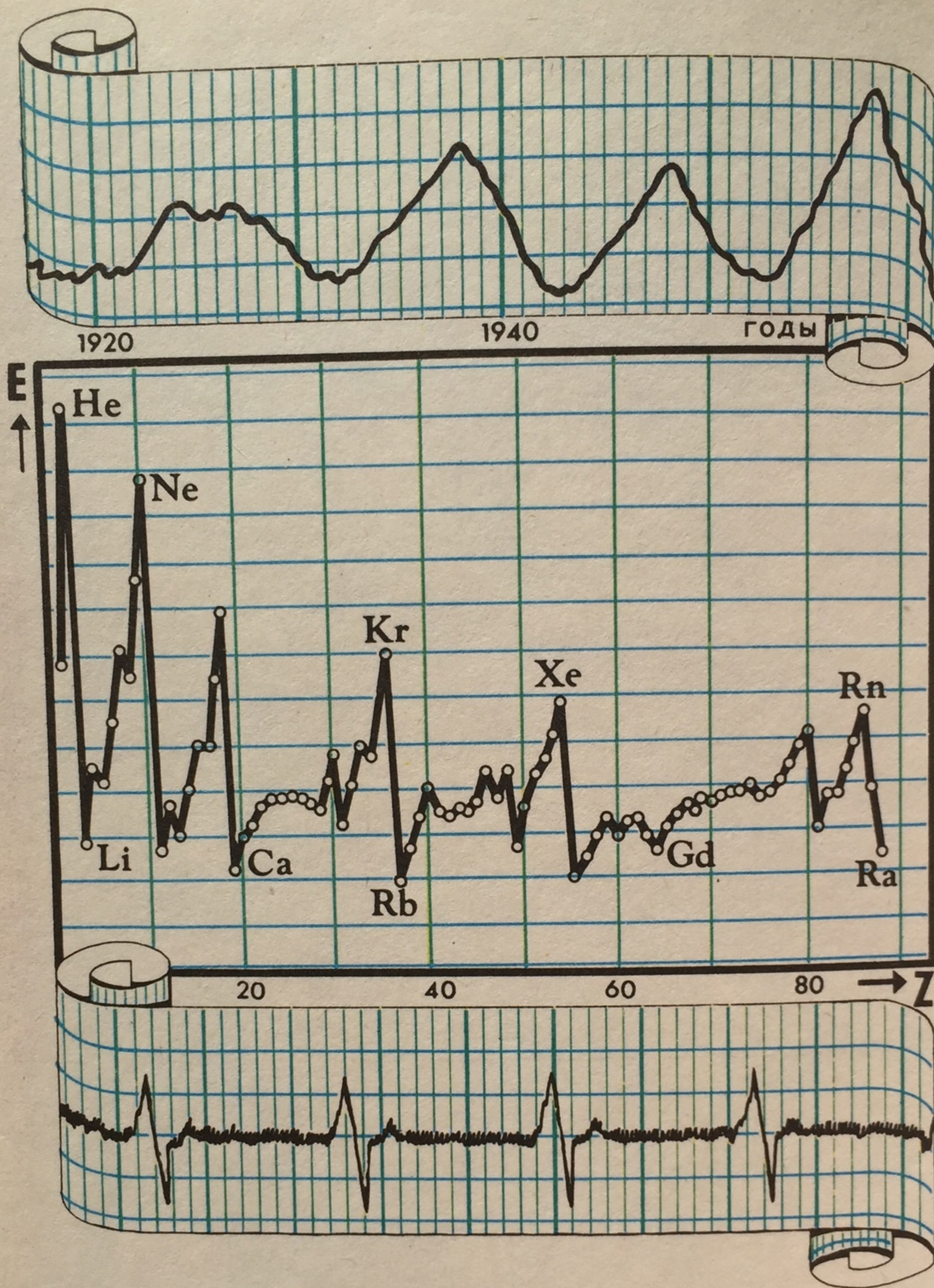
У. Схема 5. СЛС темы «Обмен веществ и энергии» и ее межпредметных связей (анатомия, IX класс).



VI. Схема 6. СЛС темы «Основные закономерности химических реакций» и ее межпредметных связей (химия, IX класс).

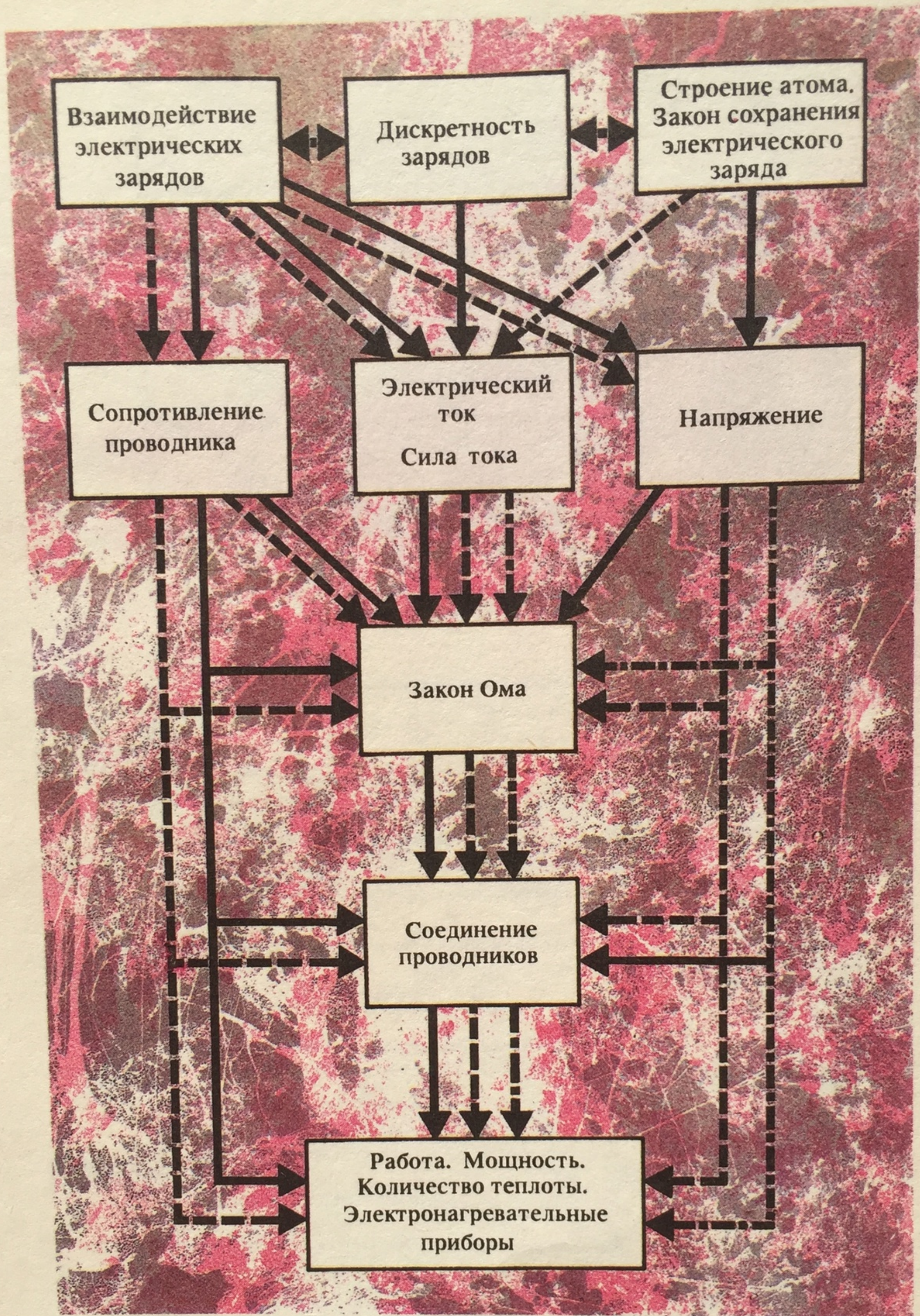


VII. Направленность процессов в природе.

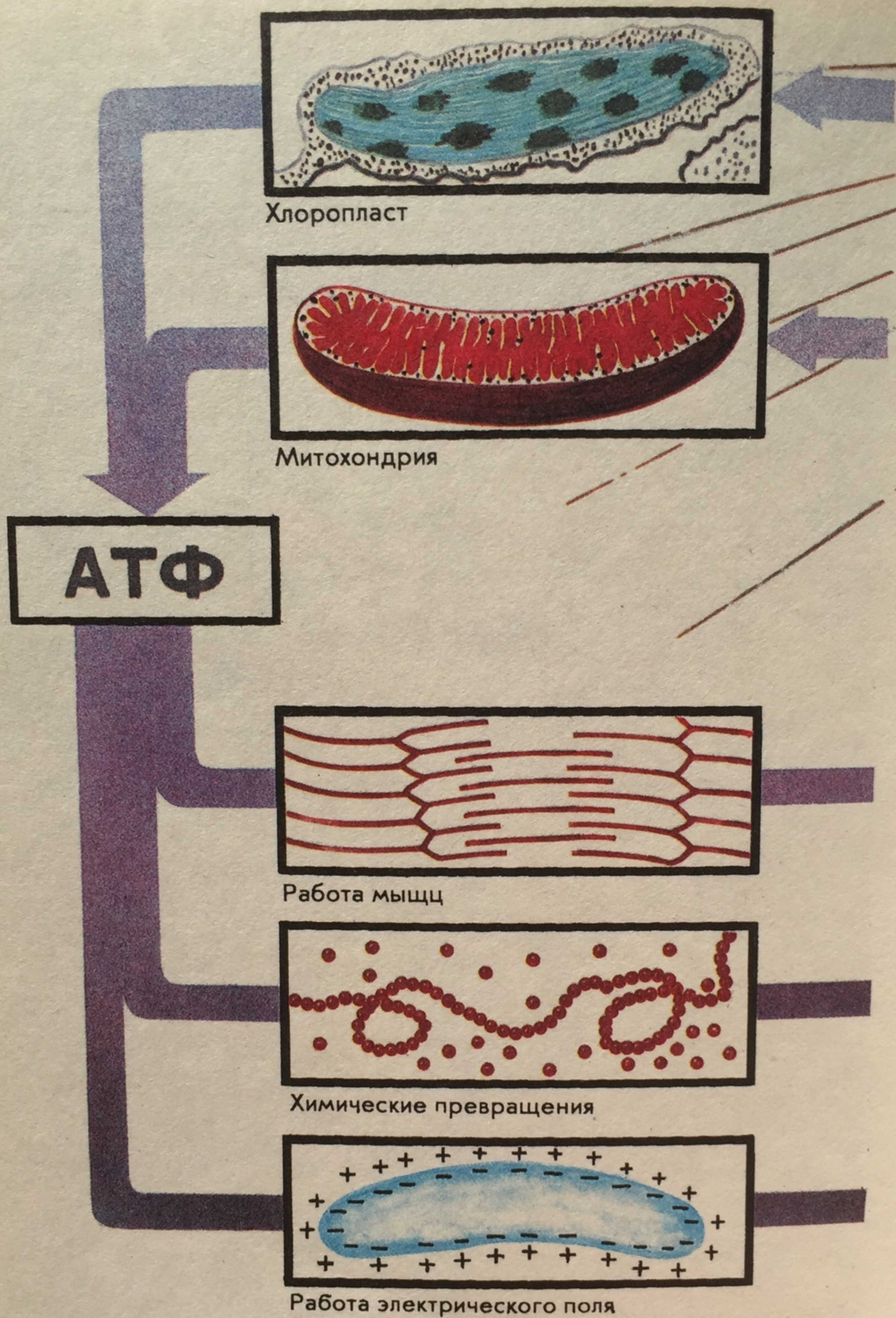


VIII. Периодичность процессов в природе (изменение солнечной активности с течением времени, энергии ионизации нейтральных атомов в зависимости от порядкового номера элемента, электрокардиограмма сердца).

IX. Схема закона (пункты, пункты)

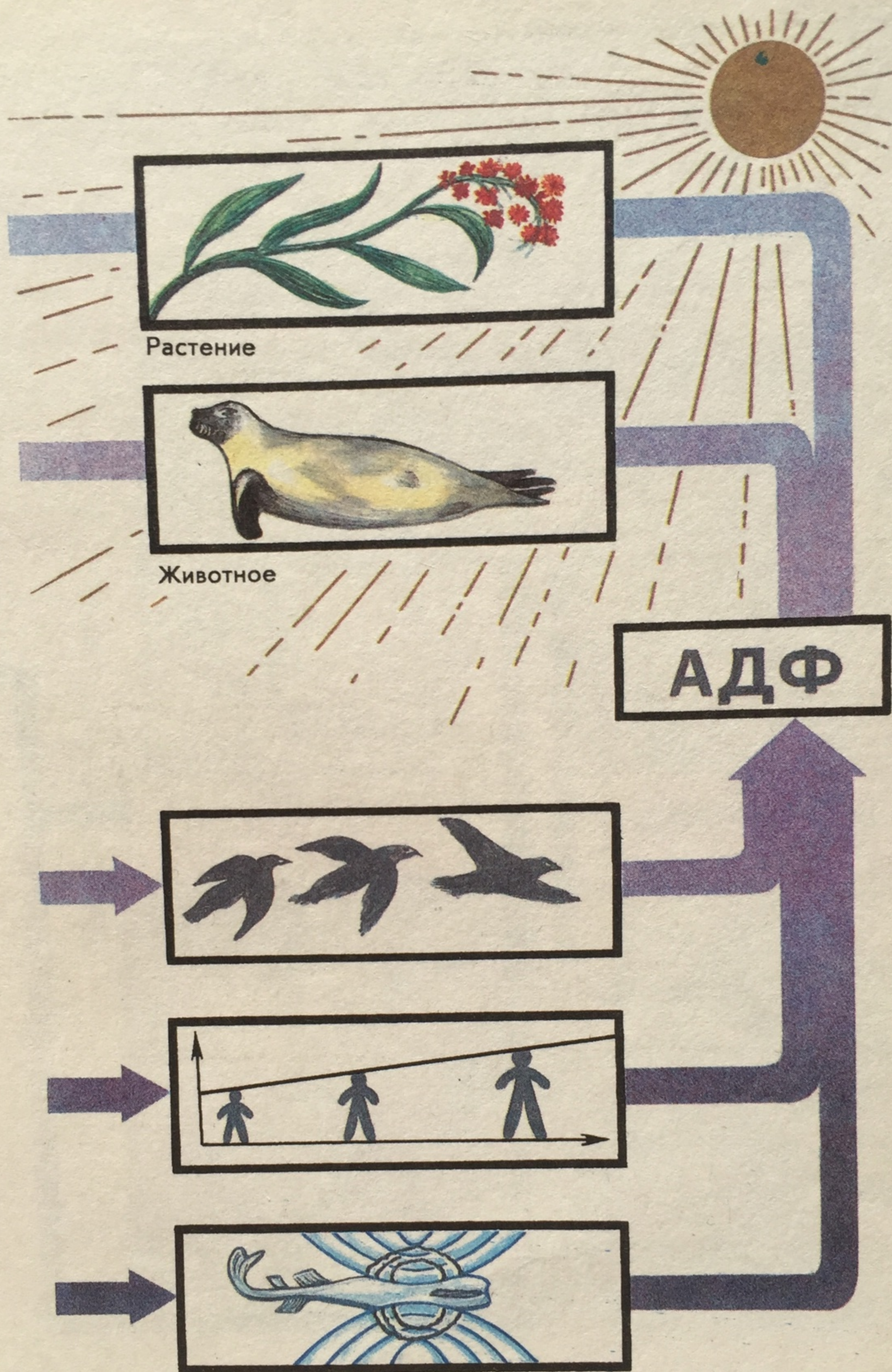


IX. Схема 7. СЛС темы «Электрические явления», составленная на основе законов сохранения энергии (сплошные линии), направленности процессов (пунктирные линии) и закона сохранения электрического заряда (штрих-пунктирные линии).

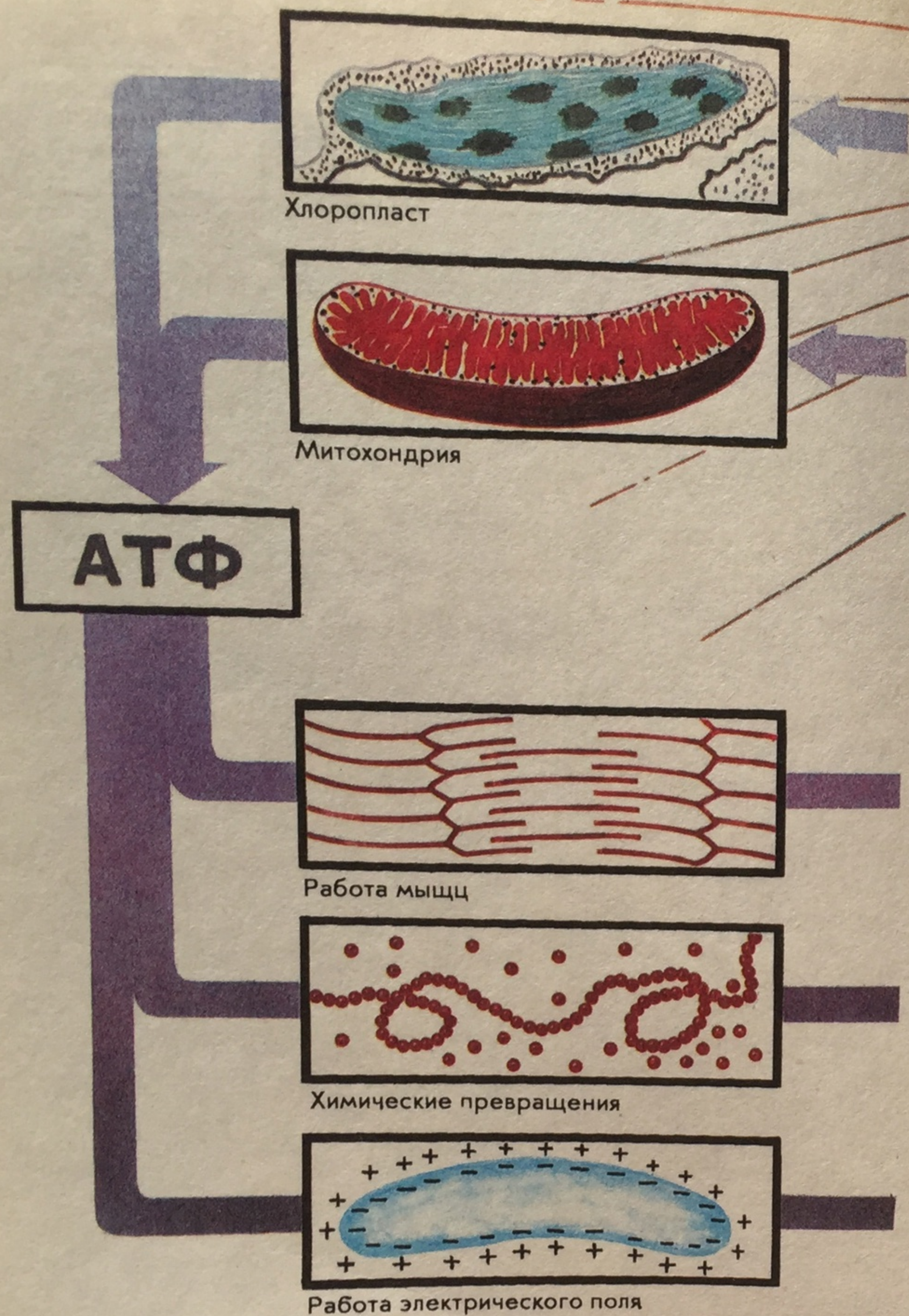


Х. Закон сохранения и превращения энергии в биологических процессах.

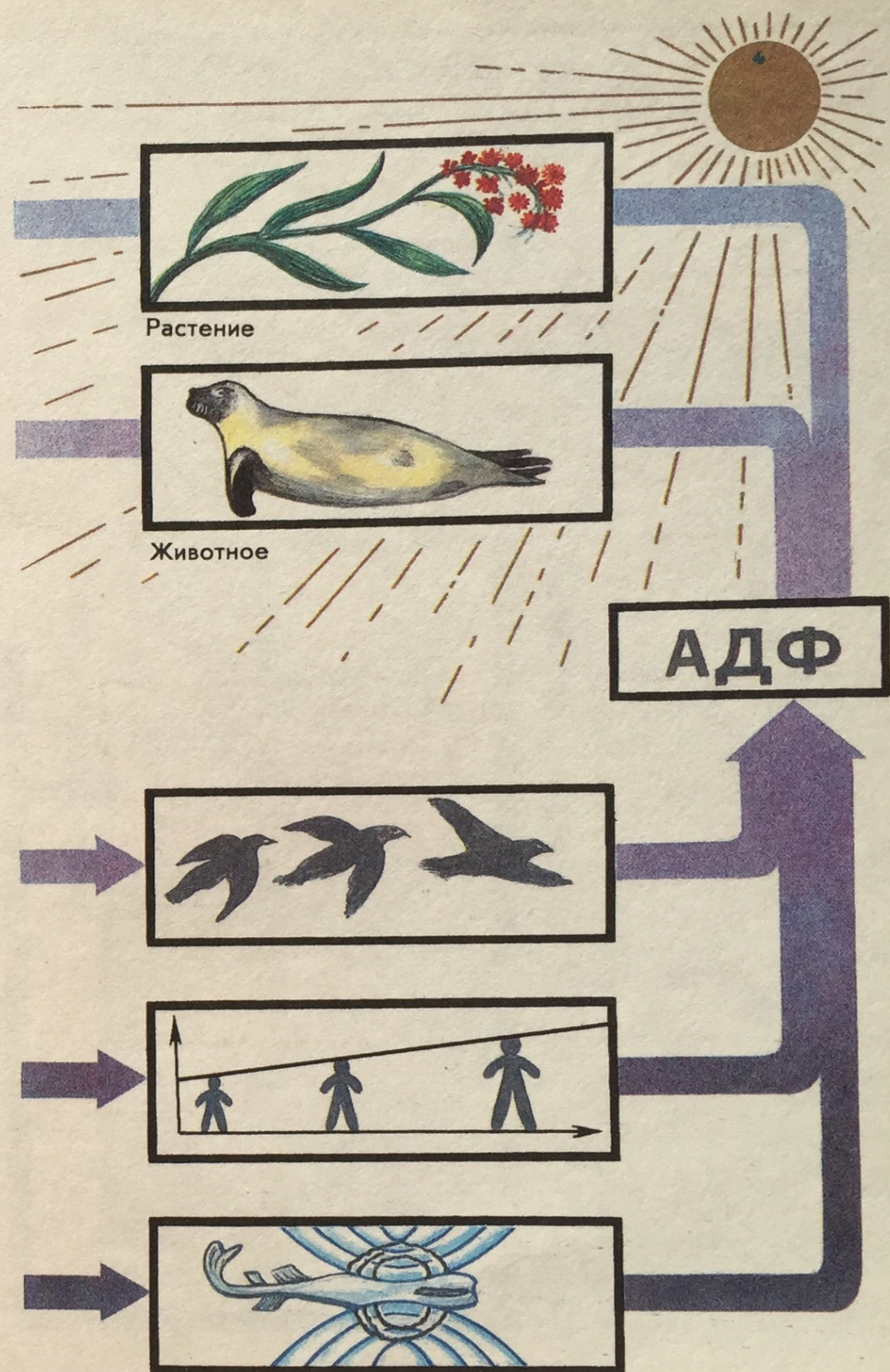
ХІ. СЛС тем
связей (физик)



ХІ. СЛС темы «Световые кванты. Действие света» и ее межпредметных связей (физика, ХІ класс).

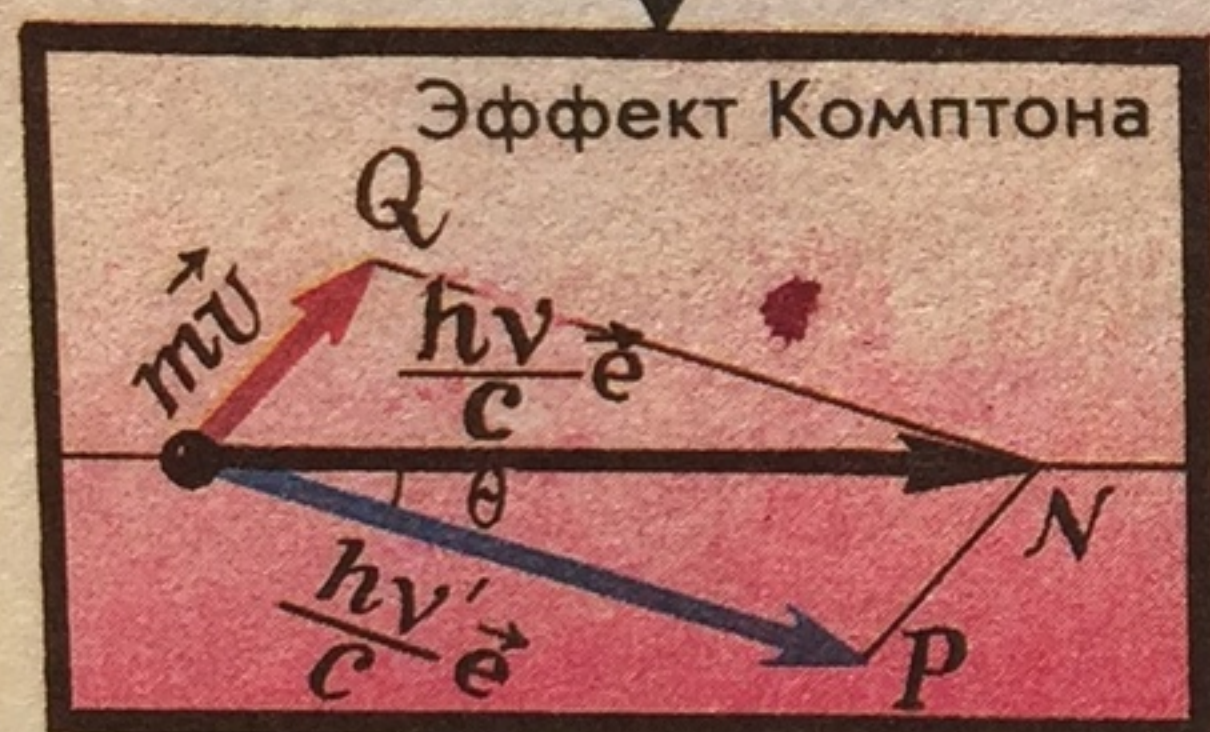


Х. Закон сохранения и превращения энергии в биологических процессах.



ХІ. СЛС темы «Световые кванты. Действие света» и ее межпредметных связей (физика, ХІ класс).

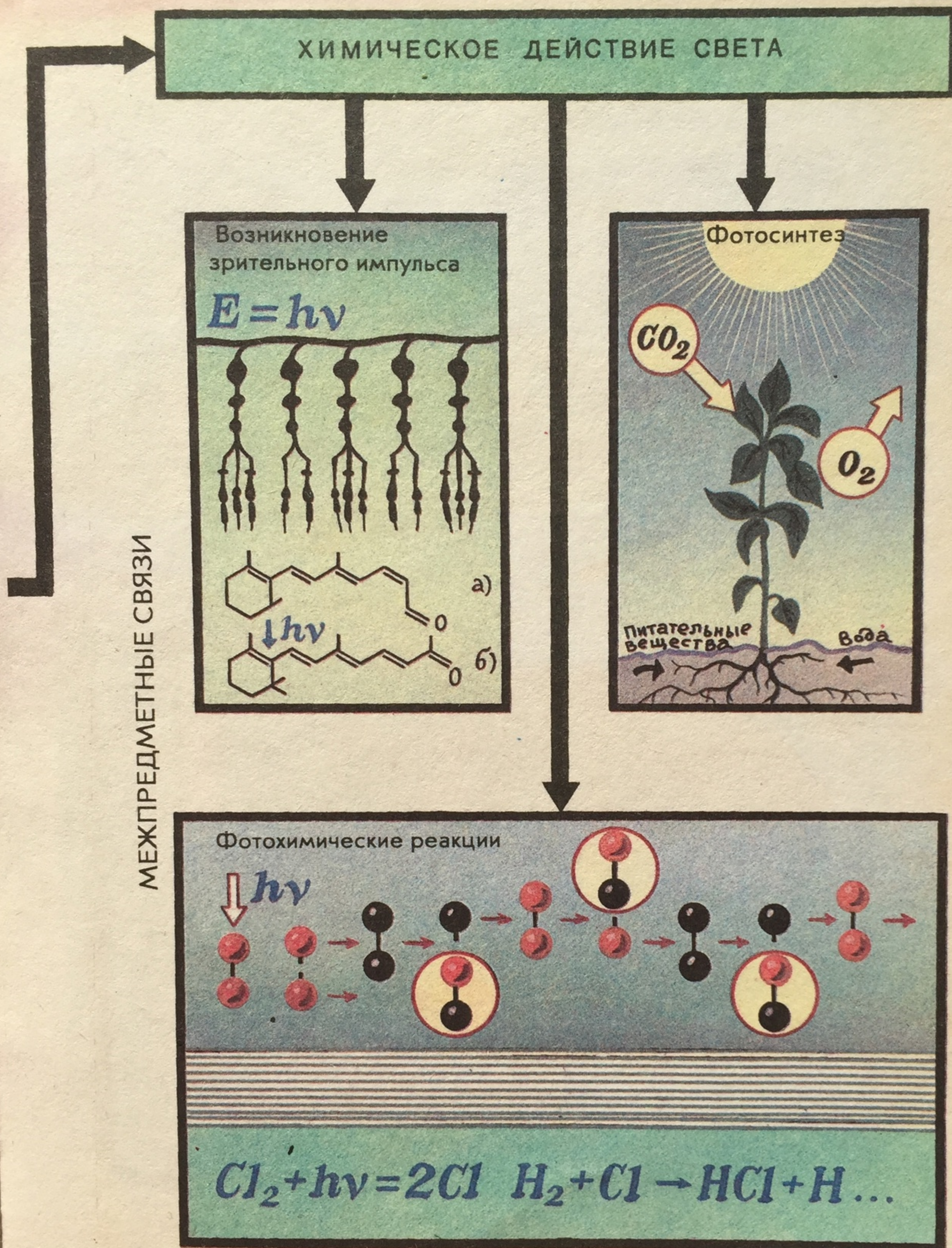
ФОТОЭФФЕКТ. ЗАКОНЫ ФОТОЭФФЕКТА



Уравнение Эйнштейна

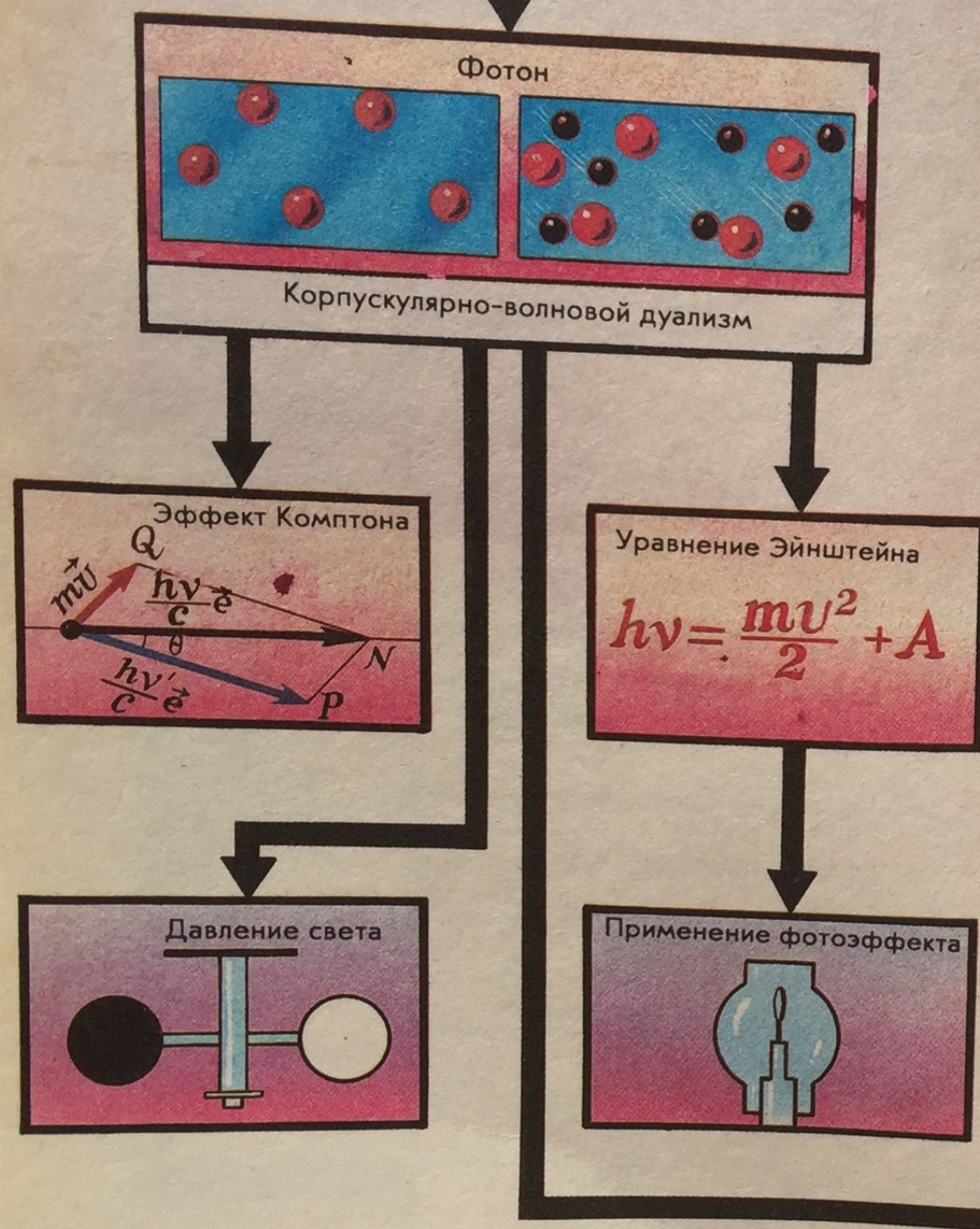
$$h\nu = \frac{mv^2}{2} + A$$





XIII. «Портреты» законов и явлений природы (симметрия в природе, законы сохранения электрического заряда и массы вещества, принцип минимума потенциальной энергии).

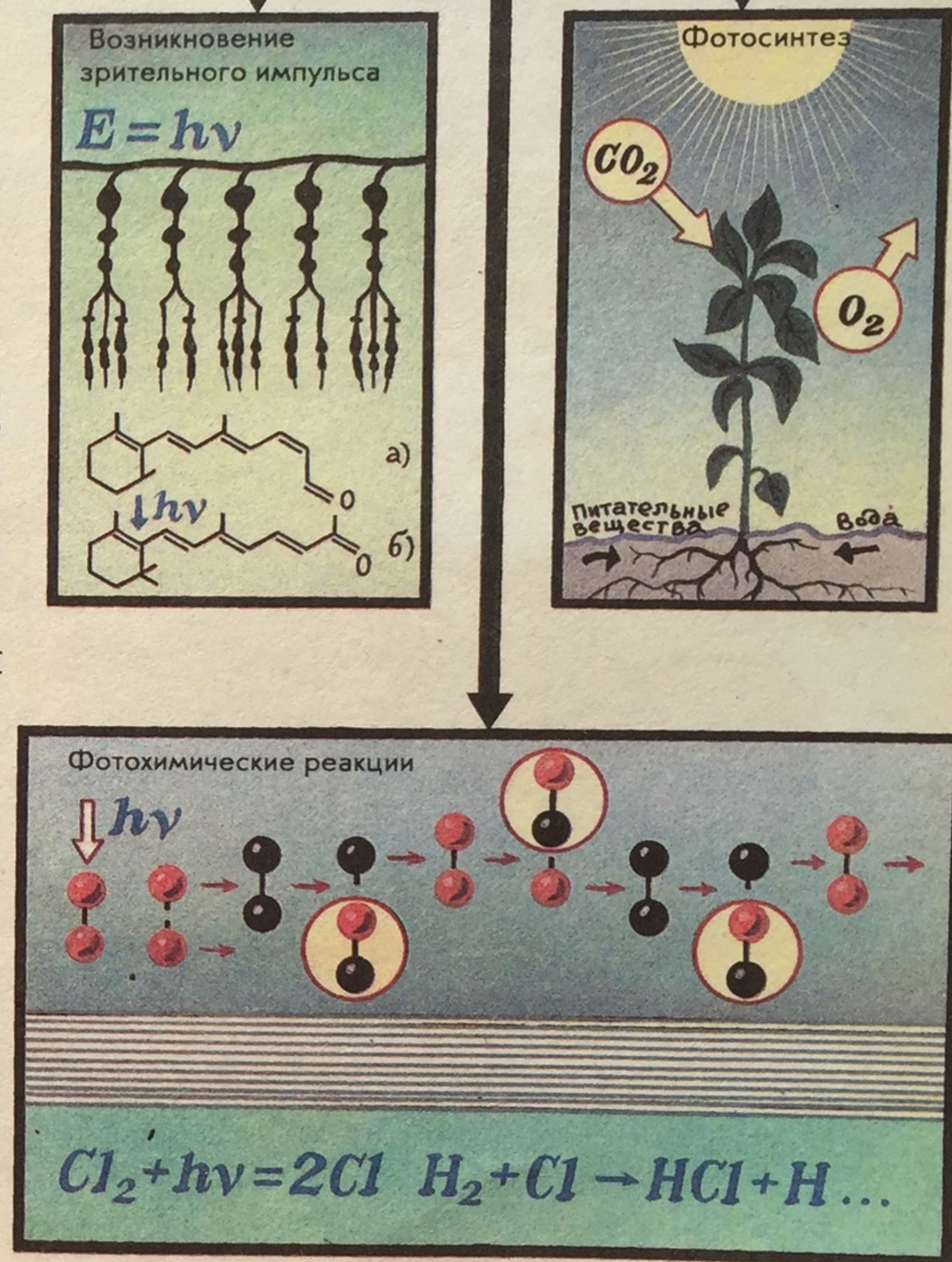
ФОТОЭФФЕКТ. ЗАКОНЫ ФОТОЭФФЕКТА



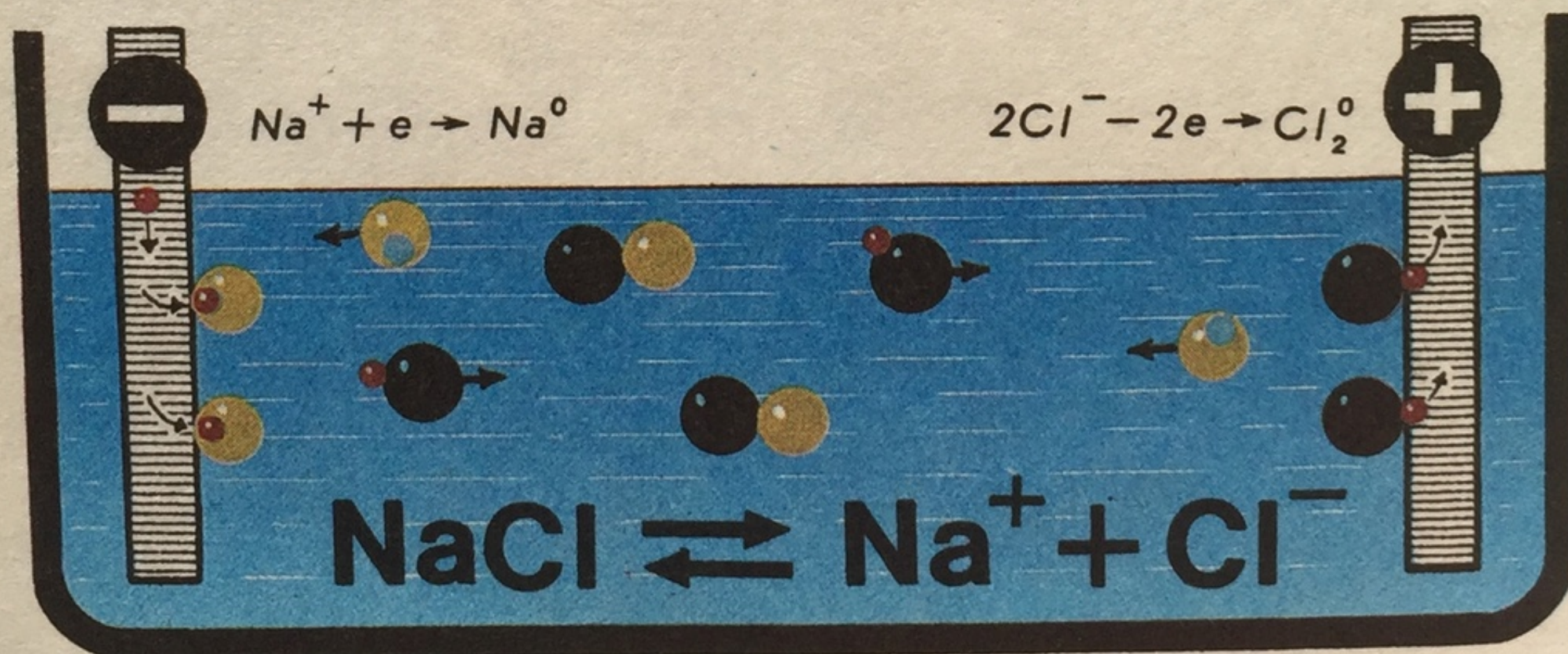
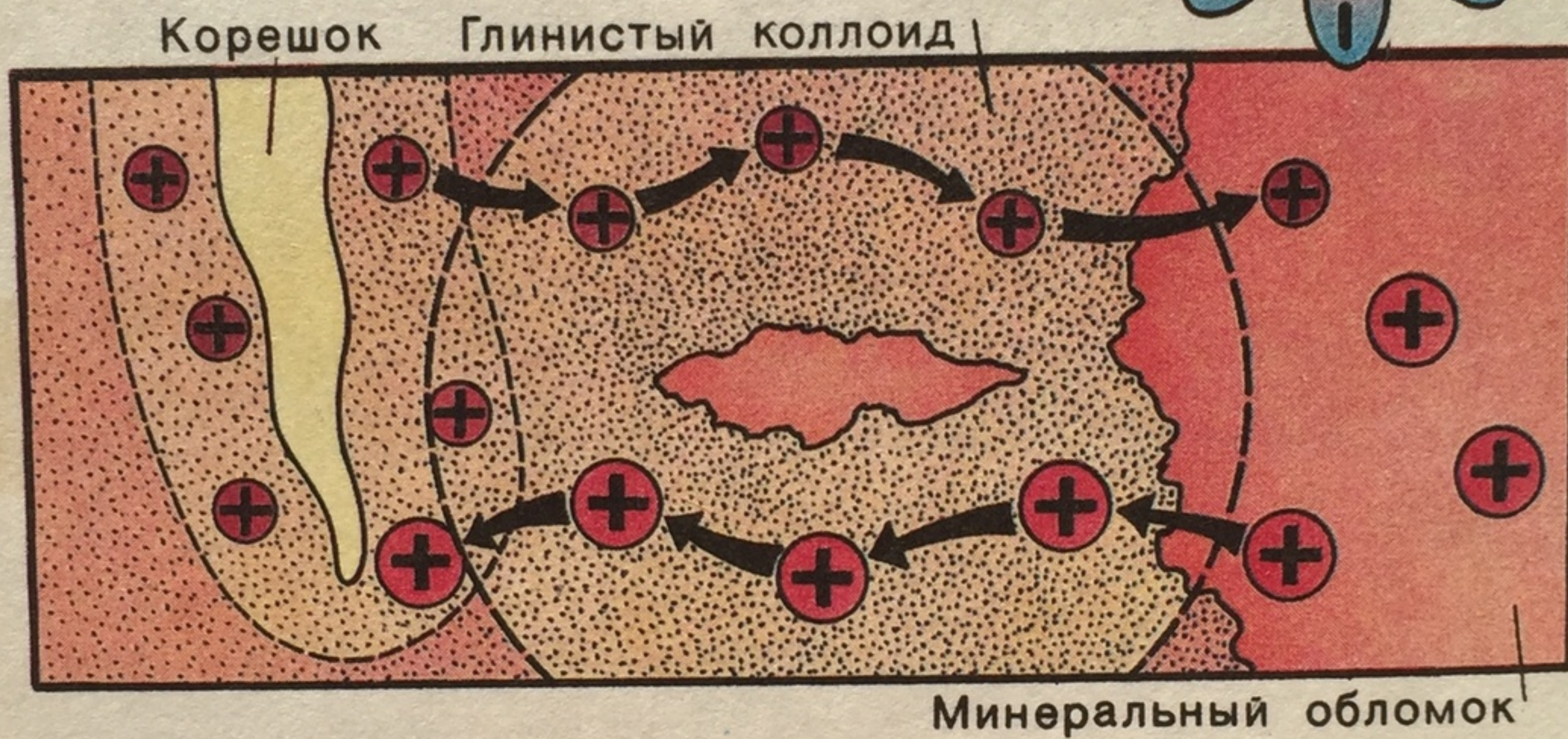
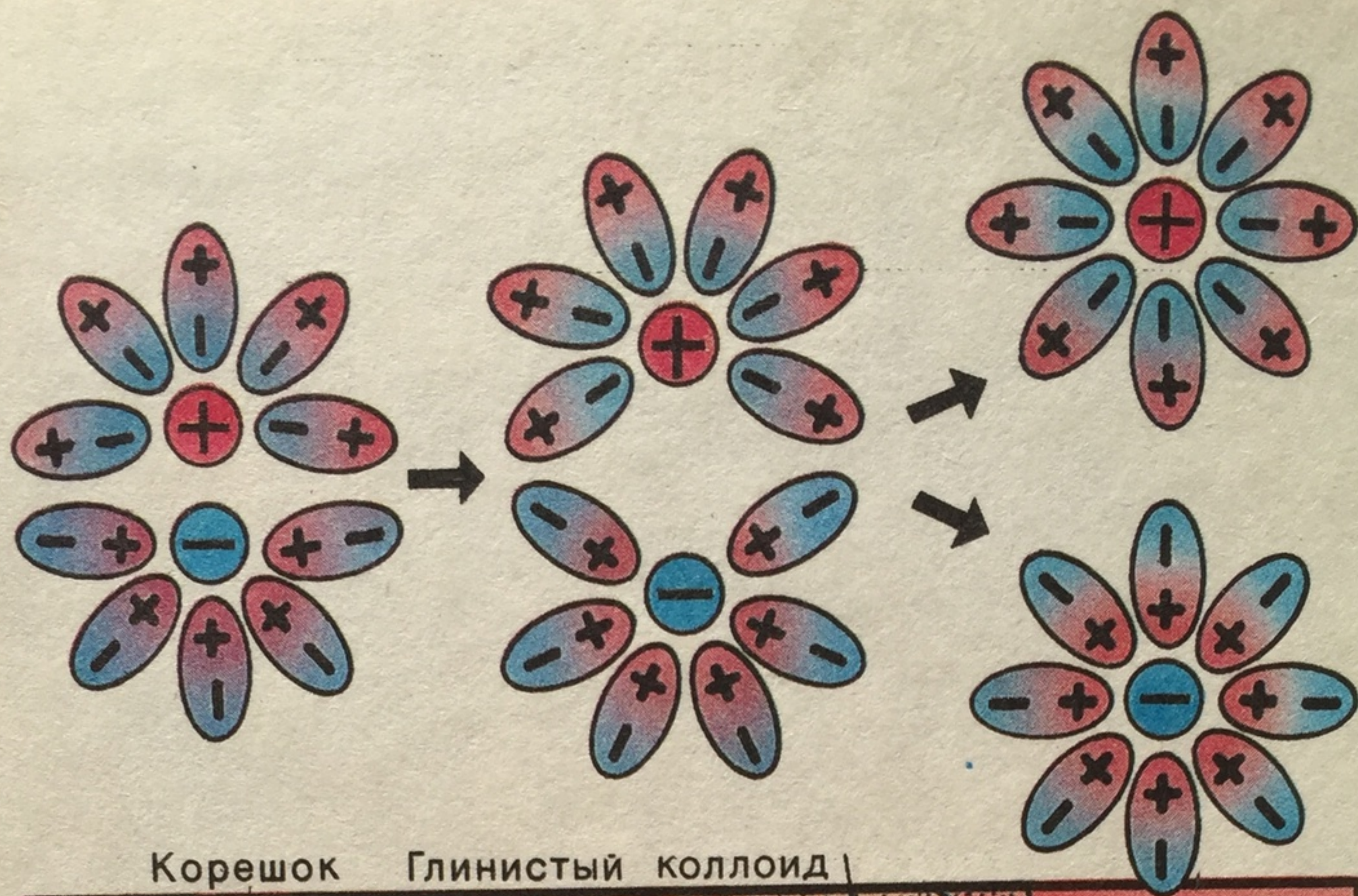
XII. Закон сохранения электрического заряда.

ХИМИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ СВЕТА

МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ

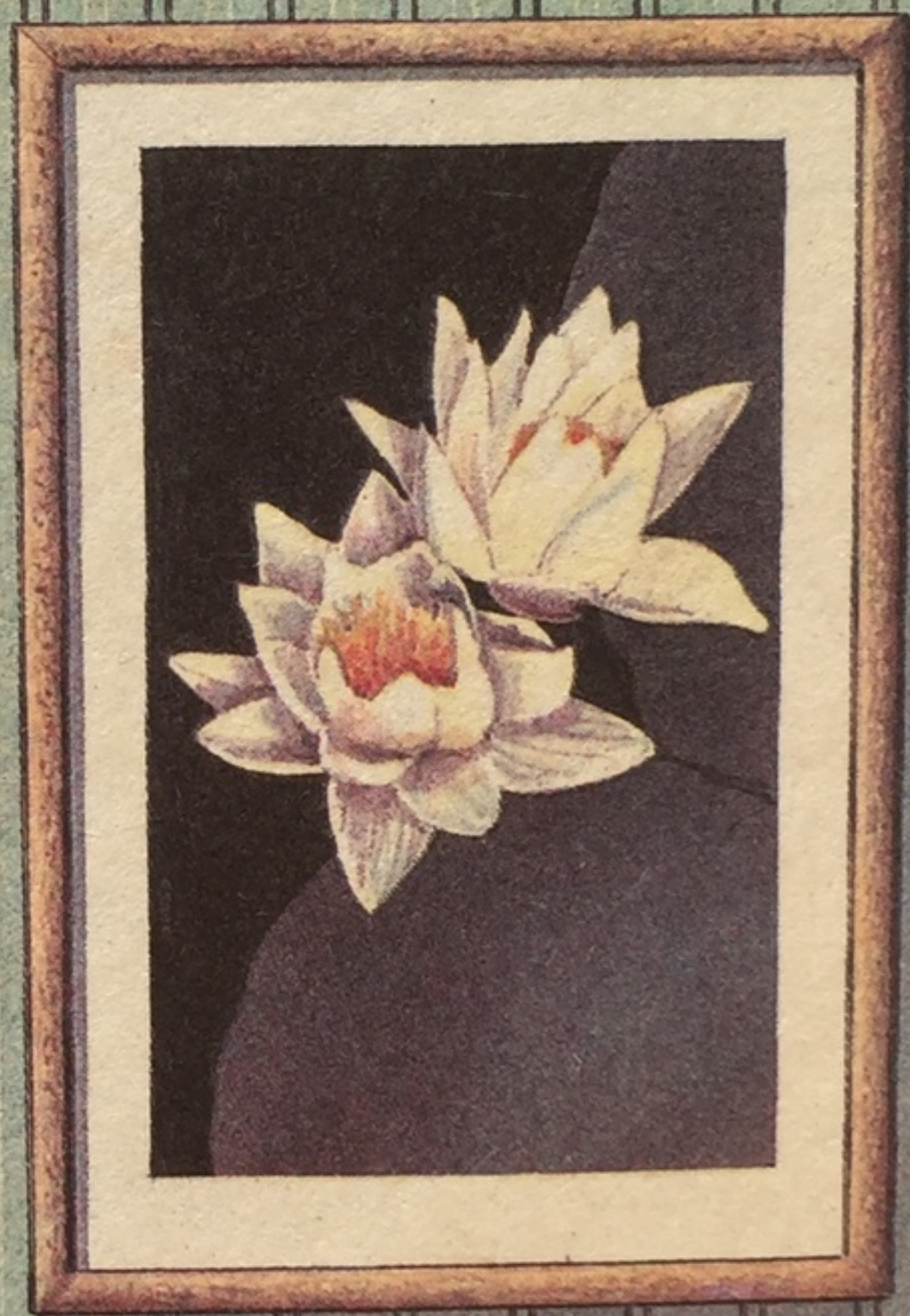


XIII. «Портреты» законов и явлений природы (симметрия в природе, законы сохранения электрического заряда и массы вещества, принцип минимума потенциальной энергии).



XIV. «Портреты» законов и явлений природы (законы отражения света, сохранения и превращения энергии, Архимеда; принцип минимума потенциальной энергии, симметрия в природе).





раз
(об

ски

род
щи
ван

ЕН

пла

изуч

ные

Так

по о

их д

спец

согл

таки

кине

дукт

чаю

ниже

реко

ные

К

подб

из ни

на за

можн

при

извес

жидк

При

ческо

прим

чают

ответ

приме

На

дачи с

«Возм

развития знаний о ней на протяжении обучения в школе (объясняет один из учителей).

5. Объявление тематики самостоятельных исследовательских заданий.

6. Конкурс слайдов «Портреты законов природы», «Природа учит и воспитывает» и др. В домашнем задании учащимся предлагается написать работу «План по формированию моего целостного миропонимания природы».

Основы методики применения фундаментальных законов природы при изучении нового материала

Главная задача учителя на этой стадии формирования ЕНКМ заключается в том, чтобы составить тематический план, в котором выделить те программные вопросы, при изучении которых целесообразно применять фундаментальные законы природы и осуществлять межпредметные связи. Таких вопросов в теме может быть не более одной четверти по отношению ко всему объему изучаемых понятий. В число их должны попасть в первую очередь понятия, выражающие специфические закономерности, входящие в основные знания согласно действующим программам. Один из вариантов таких понятий, выделенных в теме «Основы молекулярно-кинетической теории», и соответствующие вопросы для дедуктивного и индуктивного объяснения этих понятий, включающие их в общую систему знаний о природе, приведен ниже. Здесь и далее в подобных перечнях выделенных тем рекомендуется использовать наглядные пособия, созданные автором для формирования целостных знаний [18].

К выделенным программным вопросам (темам уроков) подбираются задачи межпредметного содержания. Многие из них можно найти в пособии для учащихся [17]. Например, на закрепление основного уравнения МКТ идеального газа можно решить следующую задачу: «Можно ли определить, при какой температуре происходит испарение воды, если известно, что для отрыва молекулы воды от поверхности жидкой фазы следует затратить энергию $6,79 \cdot 10^{-19}$ Дж?» При решении этой задачи учащиеся не учитывают статистического характера формул и величин, изучаемых МКТ. Они применяют формулу средней кинетической энергии и получают, что испарение воды возможно при 3000 К! Обсудив ответ, учащиеся приходят к выводу, что эту формулу нельзя применять по отношению к одной или нескольким молекулам.

На закрепление основного уравнения решаем также задачи с биологическим и химическим содержанием. Например: «Возможны ли тепловые мутации, если известно, что для

Тема урока (номера таблиц в указанном наглядном пособии)	Межпредметные связи и связи с фундаментальными закономерностями природы
1. Основные положения МКТ и ее роль в создании ЕНКМ (т. 1, 5, 6, 8)	1. Каковы физические основы питания и дыхания организмов? Всасывания воды растениями? Как в этих процессах проявляется направленность процессов?
2. Основное уравнение идеального газа	2. В чем состоит статистический характер основного уравнения идеального газа? Решение задач. Самостоятельная работа 1
3. Уравнение Менделеева — Клапейрона	3. Как это уравнение связано с законом сохранения массы вещества? Связано ли оно с законом сохранения и превращения энергии?
4. Свойства поверхности жидкости (т. 8)	4. Самостоятельная работа 2
5. Насыщенные и ненасыщенные пары	5. Как в процессах испарения и конденсации проявляются законы о минимуме потенциальной энергии и второй закон термодинамики?
6. Строение и свойства вещества (т. 7, 9)	6. Как при помощи периодического закона предвидеть свойства вещества по месту элемента в периодической системе? Какие есть типы кристаллов и каковы их свойства?
7. Создание материалов с заданными техническими свойствами	7. Роль периодического закона в создании материалов с заданными свойствами

получения единичной мутации к ДНК необходимо подвести энергию $5 \cdot 10^{-19}$ Дж? Температуру тела организма принять 37°C . Решив задачу, учащиеся приходят к выводу, что энергия теплового движения при температуре тела организма на два порядка ниже той, которая способна вызвать мутации. Но они все-таки возможны, потому что в половой клетке могут быть и частицы с энергией, значительно большей, чем средняя кинетическая энергия частиц.

В самостоятельной работе предлагаем учащимся вопросы, помогающие им обдумать отличие статистических законов от законов механики.

Работа I. 1. В чем отличие законов механики от законов молекулярной физики? 2. Почему бессмысленно говорить о температуре или о количестве теплоты по отношению к одной молекуле? 3. В чем сходство закономерности, выражаемой формулой средней кинетической энергии, с закономерностью, выражаемой законом естественного отбора? 4. Как закономерности химических реакций подтверждают

статистический характер формулы средней кинетической энергии?

Для таких самостоятельных работ обязательно составлять новые задачи. Можно брать задачи из задачника, дополняя их вопросами, ориентирующими мышление учащихся на использование основных законов природы.

Самостоятельные работы, как и задачи при изучении нового материала, должны включать вопросы для дедуктивного объяснения явлений и для индуктивного выявления действия общих закономерностей. Последнее реализуется при выполнении самостоятельной работы, которая приводится ниже.

Работа II. 1. Как образуются капли росы на листьях растений? 2. Почему сено в стогах не промокает? 3. Как водомерки передвигаются по воде? 4. Почему жир не растекается по поверхности бульона, а собирается в капли? 5. Какой общий закон (или законы) проявляется во всех этих явлениях?

Изучение нового материала и закрепление его в процессе решения задач, выполнения лабораторных и контрольных работ — самое важное звено в формировании ЕНМП учащихся. Здесь ученики под руководством учителя овладевают методами структурирования и аксиоматизации (обоснования) знаний, которыми пользуются при самостоятельном повторении и обобщении учебного материала.

При установлении логической структуры естествознания структурирующим, системообразующим фактором выступают, как мы видели, обобщенные естественнонаучные идеи. Понимание этой структуры знаний учащимися — конечная цель, к которой учителя могут привести учеников посредством достижения промежуточных конкретных целей: усвоения школьниками частных закономерностей и их систем, т. е. структурирования каждого «отрезка» учебного материала (предмета, раздела, темы), логическая структура которого опирается не на фундаментальные закономерности природы, а на частные. На основе последних устанавливаются логические связи между всеми изучаемыми в теме понятиями, явлениями, эмпирическими зависимостями, практическим применением знаний. При обобщении знаний по теме обязательна их фундаментализация — установление связи частных законов с фундаментальными законами, обобщенными идеями. Таким образом, при установлении логического каркаса учебного материала, включающего систему частных законов с теми основаниями, на которых они формулируются, и выводами, при помощи которых они «выходят» на практику, используются двойные внутренние

связи между элементами знаний: он строится на основе как частных закономерностей, так и фундаментальных законов, идей, которые проявляются в частных законах, т. е. изучение теории идет параллельно с «отсложением» тех знаний в ней, которые войдут в ЕНКМ, складывающуюся у учащегося, «свяжут» его с культурой прошлого и настоящего.

Освоение учащимися каждого отрезка учебного материала, ядром логической структуры которого является система законов, закономерностей, происходит в соответствии с циклическим характером научного творчества [38]. Но принцип фундаментальности обучения вносит в цепь звеньев цикла познания еще одно звено (сопоставление гипотезы с фундаментальными закономерностями природы), с которым он выглядит так: факты → гипотеза → сопоставление ее с фундаментальными закономерностями природы → следствия → эксперимент → вывод. В научном творчестве всегда присутствует элемент установления соответствия вновь открытой закономерности фундаментальным законам, которые служат пробным камнем ее научности, объективности. В освоении знаний учащимися такой элемент деятельности также необходим. Он формирует стиль мышления ученика, его подход к деятельности, требующей соотнесения принятых решений с принятыми в данной области объективными закономерностями.

Рассмотрим примеры составления структурно-логических схем учебного материала, соответствующих структуре усваиваемых учащимися знаний. Прежде всего выделяем в структурируемой теме ядро теоретических обобщений — законы, закономерности или их систему, а также основания, исходные факты, которые помогут привести учащихся к открытию этих законов и закономерностей. Затем формулируем выводы из закономерностей, возможные практические их применения, выявляем фундаментальные законы, при помощи которых можно установить внутренние связи между всеми названными элементами знаний, составляющими содержание темы. Параллельно устанавливаем связи на основе специфических закономерностей, изучаемых в данной теме, а также межпредметные связи, включая их в СЛС.

Элементы СЛС, отражающих связи темы с материалом смежных предметов, должно быть столько, чтобы они охватывали все важнейшие взаимосвязанные вопросы, изученные на уроках родственных дисциплин. Например, в СЛС по теме «Основы молекулярно-кинетической теории» следует отразить ее связи с химией и биологией — тот факт главным образом, что молекулярно-кинетическая теория (МКТ) является основой для объяснения закономерностей хими-

ческих реакций, процессов жизнедеятельности (дыхания, питания). Элементы структуры темы, отражающие закономерности газового, жидкого и твердого состояний вещества, связаны между собой и с закономерностями химических реакций, процессами жизнедеятельности, с идеями сохранения, периодичности и направленности процессов в природе (схема 4 на вклейке IV). Посредством этих идей весь блок знаний о веществе, о проявлении его свойств в неживой и живой природе вводится в ЕНКМ, причем идея направленности процессов помогает раскрывать статистический характер законов, изучаемых в разделе «Молекулярная физика», в химии. Эта идея дает возможность показать, чем они отличаются от законов механики и, главное — чем отличается современная ЕНКМ от механической.

Работать со структурно-логическими схемами и над их составлением можно по-разному. Один из вариантов заключается в том, чтобы схема служила ориентиром в изучении темы: с ее помощью учитель показывает содержание главных элементов, которые должны быть усвоены, связи между ними; учащиеся пользуются ею на протяжении всего изучения темы: при усвоении и обобщении учебного материала; на обобщающем уроке она выступает в качестве опоры для выделения главного, для установления связей между ее элементами и материалом родственных предметов, для определения их места в картине мира. Обращаясь к СЛС неоднократно, учащиеся к концу изучения темы настолько усваивают ее структуру, содержание знаний, ею отражаемых, что преобладающее число учеников в состоянии отобразить ее по памяти, сформулировать основные закономерности, изученные в теме, исходные для их установления факты и практическое применение закономерностей. Этот путь включения обобщенных естественнонаучных идей в ориентировочную основу действий учащихся при усвоении ими материала темы осуществляется при ведущей роли учителя, СЛС дается ученикам готовая.

Другой вариант — под руководством учителя СЛС составляется учащимися самостоятельно. Работа организуется так. Учащиеся усваивают на уроках исходные знания. Выделяют главные понятия темы и закономерности, устанавливают с помощью учителя их связь с обобщающими идеями, рассматривают практическое применение изученных закономерностей — все это в виде подготовки к обобщающему уроку, на котором они должны представить СЛС темы. На этом уроке рассматривается обычно несколько схем, так как, хотя идеи, на основе которых связываются элементы знаний, одни и те же, сами структурные элементы учащиеся

выделяют по-разному и связывают их между собой тоже различными способами; к тому же они приводят собственные (неодинаковые) иллюстрации к этим элементам. Каждая представленная СЛС защищается учеником или группой учащихся, ее составившей, в результате такой защиты и сравнения СЛС выбирается оптимальный вариант схемы. При этом вырывирование несущественных признаков, которыми различаются СЛС, способствует формированию правильных обобщений на основе фундаментальных закономерностей природы. Самостоятельное составление СЛС — один из важных видов самостоятельной работы учащихся, способствующий формированию теоретического мышления, развитию интереса учащихся к естественным наукам. Такая работа особенно эффективна, когда схема составляется группой учащихся, имеющих различные склонности и умения: в нее могут входить ученики, интересующиеся физикой и проектирующие структуру темы, химики, биологи, географы, определяющие межпредметные связи, художники, подбирающие иллюстрации, и т. д. Иллюстрированные СЛС содержат опорные сигналы, помогающие эмоциональному восприятию знаний.

К обобщающим урокам по химии, биологии также готовятся структурно-логические схемы. Материал здесь другой, специфика закономерностей иная, но связующие элементы знаний, которые составляют основу ЕНКМ, те же — обобщенные естественнонаучные идеи. На схеме 5 представлен вариант СЛС темы «Обмен веществ и энергии» курса анатомии, а на схеме 6 — СЛС темы «Основные закономерности химических реакций» курса химии (см. вклейки V и VI). Системообразующим фактором для этих тем, как и для тем по физике, являются идея направленности процессов (связи отражены пунктирными линиями) и идея сохранения с включением идеи дискретности (связи отражены сплошными линиями).

При составлении и использовании подобных СЛС происходит фундаментализация естественнонаучных знаний, формирование современного мышления учащихся — его целостности, глобальности экологизации и алгоритмизации. Этому способствует и то, что все СЛС составляются по единому алгоритму: выделение оснований для установления закономерности, изучаемой в теме, обоснование этой закономерности с привлечением обобщенных идей (т. е. фундаментальных закономерностей природы), практическое применение закономерности, установление взаимосвязей между элементами знаний, полученных как в данной теме, так и в темах, изучаемых в родственных предметах. Составление

СЛС — это фактор
ции для компьютер
можно при помо
природы, обоснов
связанных с фунда
элемент знаний
предметных и ме
вается объединен
идеями, посредств
ний о природе — Е
информатизация
вания информации
степенных фактов,
того, что все в пр
законам.

Самостоятельна
по созданию ст

Создание СЛС
изученный материа
ции. знаний с точки
о природе. Это по
осмысливалось на п
усвоения материала
«Взгляд» на м
учащихся представ
об уровнях обобщ
знать, что в схеме
знаний, тем более
уроков. Например,
но-кинетической
схеме столько же э
несет пользы в см
информации. Элеме
помогала возобнов
ставляемую.

Американский по
названием «Магичес
пятам, я непрерывн
Оно принимает мно
так, чтобы его не
один отречь», нел
«бу» и т. д.» [7, с.
шимися при сост.

СЛС — это фактически и есть составление логической функции для компьютера: составив соответствующую программу, можно при помощи компьютера объяснить любое явление природы, обосновав его на основе частных закономерностей, связанных с фундаментальными законами природы. Каждый элемент знаний о природе при установлении его внутрипредметных и межпредметных связей в конце концов оказывается объединенным с обобщенными естественнонаучными идеями, посредством которых устанавливается система знаний о природе — ЕНКМ. При таком изучении естествознания информатизация выступает не только средством свертывания информации, разгрузки памяти учащихся от второстепенных фактов, но и неопровержимым доказательством того, что все в природе подчиняется неизбежному единым законам.

Самостоятельная работа учащихся по созданию структурно-логической схемы

Создание СЛС темы — это ретроспективный взгляд на изученный материал с целью увеличения емкости и интеграции знаний с точки зрения их места в общей системе знаний о природе. Это попытка выражения того, что усваивалось и осмысливалось на протяжении изучения темы — завершение усвоения материала на данном этапе.

«Взгляд» на материал темы предполагает наличие у учащихся представлений об иерархии законов природы, об уровнях обобщений знаний о ней. Учащиеся должны знать, что в схеме не может быть сколько угодно элементов знаний, тем более они не могут определяться по количеству уроков. Например, в теме «Основные положения молекулярно-кинетической теории» 32 урока. Если изобразить на схеме столько же элементов знаний, то такая схема не принесет пользы в смысле наиболее удобного кодирования информации. Элементов должно быть столько, чтобы схема помогала возобновлять в памяти информацию, ею представляемую.

Американский психолог Дж. Миллер свою статью под названием «Магическое число семь плюс-минус два» начинает словами: «Это число буквально следует за мной по пятам, я непрерывно сталкиваюсь с ним в моих делах... Оно принимает множество обликов, но никогда не меняется так, чтобы его нельзя было узнать... «Семь раз отмерь, один отрежь», «Семь бед — один ответ», «Семь пядей во лбу» и т. д.» [7, с. 172]. Это число следует по пятам за учащимися при составлении СЛС.

Составление СЛС предполагает ориентировку во всем материале темы, смысловую группировку материала, выделение смысловых опорных пунктов, составление плана разработки схемы, доказательство установленных связей, обоснование количества элементов знаний, выделенных в теме, и т. д. Здесь целая цепь логических операций, методов и приемов, приводящих учащегося к цели. Фактически он использует арсенал методов — словесные, наглядные, практические, поисковые, ставит проблему и решает ее способом доказательства. А поскольку материал тем различен, то доказательство строится каждый раз по-новому, хотя инструментом его являются основные закономерности природы, т. е. построение доказательства истинности устанавливаемых связей — всегда творческий поиск. Весь этот процесс управляем учителями, хотя СЛС выполняется учащимися самостоятельно.

Учащиеся выделяют опорные знания вслед за учителем. Сигналом для них становится рассмотрение на уроке понятий с точки зрения их межпредметных связей и использование при этом соответствующих средств обучения, дедуктивное объяснение этих понятий на основе фундаментальных закономерностей природы. На таких уроках учащиеся стараются полнее усвоить материал, потому что все им придется переосмыслить и выразить внешним образом — в виде схемы, которая видна всем и по которой может быть задан любой вопрос. Одно дело отвечать учителю на уроке, а другое — защищать схему перед своими товарищами, перед группой экспертов, в которую может войти и учитель или несколько учителей. В процессе изучения темы учитель использует эти чувства учащихся и старается им максимально помочь в овладении знаниями.

Так, учитель планирует периодическое повторение знаний, которые должны войти в качестве элементов в СЛС. Причем работа в процессе повторения организуется так, чтобы при этом происходило расслоение знаний по степени их общности, выделялись теоретические, эмпирические зависимости, факты, явления, законы, на основе которых устанавливаются связи, и т. д.

Например, предлагая учащимся повторить материал по уравнению Менделеева — Клапейрона, учитель дает им примерно такие задания: 1. Вывод уравнения Менделеева — Клапейрона на основе уравнения кинетической теории идеального газа и объяснение его на основе общих законов. 2. Вывод из уравнения Менделеева — Клапейрона законов Бойля — Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Выявление фактов, на основе которых они были установлены эксперимен-

тально. 3. Р
законов. 4. О
законов и н
биологически

За неделю
ся назначает
планировать
ков — это оди
ления мыслит
уже известной
лостности зна
с планами соо
включают: выд
теме, по темам
ними; условно
деленные элем
дать с теми,
щиеся могут
теории идеаль
рона в одно —
газообразного
вания следует
выражение ин
время консуль
понятия, взаим
и с учителем. Р
метов, раскры
ми в них. В
нальные схем
на интегратив

Содержание
во время ин

Интегратив
ЕНМП учащихся
рые поставлен
явление близка
приближения к
Деятельность у
2—3 уроков) о
1. Обобщени
(от первого инт
ЕНКМ. В данно
о статистическ
тивного дан

тально. 3. Раскрытие статистического характера газовых законов. 4. Описание практического использования газовых законов и их применения для объяснения химических и биологических явлений.

За неделю-полторы до обобщающего занятия учащимся назначается консультация. Такие консультации должны планироваться программами и проводиться во время уроков — это один из важных и ответственных моментов управления мыслительной деятельностью учащихся в освоении уже известного им материала, установления единства, целостности знаний. На консультацию учащиеся приходят с планами составления структурно-логических схем. Планы включают: выделенные для схемы элементы знаний по данной теме, по темам родственных предметов; анализ связей между ними; условное изображение элементов знаний и т. д. Выделенные элементы знаний необязательно должны совпадать с теми, которые отмечены учителем. Например, учащиеся могут объединить основное уравнение кинетической теории идеального газа и уравнение Менделеева — Клапейрона в одно — назвать этот элемент знаний «закономерности газообразного состояния вещества». Такие переформулирования следует поощрять, как и разнообразное знаковое выражение информации, красочное оформление схем. Во время консультации учащиеся проговаривают выделенные понятия, взаимосвязи между ними, общаются между собой и с учителем. Рассматриваются СЛС тем родственных предметов, раскрываются связи изучаемых понятий с изученными в них. В результате консультации выявляются оригинальные схемы, которые учителя планируют рассмотреть на интегративном дне или обобщающем уроке.

Содержание деятельности учащихся во время интегративного дня

Интегративный день является опорной вехой в создании ЕНМП учащихся. Это оценка выполнения тех задач, которые поставлены на предыдущем интегративном дне, и выявление ближайших задач, которые следует решить по мере приближения к заключительному дню интеграции знаний. Деятельность учащихся во время «дня» (т. е. на протяжении 2—3 уроков) организуется по такому плану:

1. Обобщение знаний, полученных за текущий период (от первого интегративного дня), вокруг ведущего понятия ЕНKM. В данном случае таким понятием является понятие о статистических закономерностях. Первая часть интегративного дня посвящается обсуждению содержания этого

понятия и возможностей его использования для синтеза знаний. (Определение статистических закономерностей и их отличие от динамических законов; законы газового состояния вещества, их статистический характер; температура, использование этого понятия в различных разделах естествознания, его статистический характер; роль этого понятия в раскрытии закономерностей химических реакций; учение Дарвина, его статистический характер; демоны в науке — демон Лапласа, Максвелла, Дарвина, их сходство и различие; развитие картины мира в связи с утверждением в науке статистических закономерностей.)

2. Защита СЛС. При этом всесторонне рассматриваются: закономерности, выражаемые уравнением идеального газа; уравнением Менделеева — Клапейрона; закономерности парообразного, жидкого и твердого состояний вещества; связь этих закономерностей с закономерностями, изученными на уроках химии и биологии (химические реакции, дыхание и питание организмов). Подведением итогов конкурса схем оканчивается вторая часть «дня».

3. Третья часть «дня» посвящается подведению итогов и рассмотрению заданий для подготовки к следующему интегративному дню.

Создание интегрального «образа природы»

Объединение знаний в целостную систему происходит на протяжении всего обучения. Непосредственное составление «образа природы» начинается за 2—3 недели до заключительного интегративного дня.

Учащимся предлагается: повторить учебный материал физики, химии, биологии (в VII классе вместо химии включается физическая география); при помощи составленных на протяжении года СЛС выделить основные закономерности физики, химии, биологии, изученные в данном классе; объединить их на основе фундаментальных закономерностей и установить ядро естественнонаучных знаний. Эта часть «образа природы» инвариантна для всех учащихся данного класса.

Вокруг ядра располагаются другие элементы знаний, которые учащийся считает нужным вынести на свой «образ»: явления, научные факты, эмпирические зависимости, фундаментальные эксперименты, практическое применение знаний (см. первый форзац). Единственным ограничением является следующее условие: каждый элемент знаний, вынесенный на «образ», учащийся должен быть готов защищать: знать его содержание, обосновать его место в системе на

основе фундаментальных и специфических закономерностей, связь с другими элементами знаний. Если учителя (физики, химии, биологии) или группа экспертов (лучших учащихся класса) выясняют, что автор «образа» не знает, как он выполнил свою работу, она не засчитывается.

Одни «образы природы» содержат большой объем знаний по физике, другие — по химии, третьи — по биологии. Есть «образы», которые включают знания более широкие, чем предлагаются программами. Каждый «образ» иллюстрирован. То есть «образы природы» — индивидуальны по объему знаний, соотношению знаний различных предметов, оформлению — они отражают интересы и склонности учащихся. Инвариантом «образов природы» является остов естественнонаучного знания — их ядро, которое должны усвоить все учащиеся независимо от их интересов и склонностей. К «образу» прилагается объяснительная записка, содержащая краткую его характеристику, выводы, моральную оценку полученных знаний о природе. Часто учащиеся ее иллюстрируют рисунками, фотографиями, стихами. Выполнение «образа природы» — индивидуальная творческая работа учащегося по интеграции знаний. Оценивается она тремя учителями, каждый выставляет свою оценку за «образ природы». Во многих случаях они совпадают. «Образы», оцененные на отлично по всем предметам и по оформлению, защищаются на заключительном интегративном дне и демонстрируются на выставке, осмотром которой и начинается такой «день». Из опыта работы можно рекомендовать проводить его для параллельных классов на протяжении трех уроков по следующему плану:

1. Осмотр выставки «образов природы».
2. Обсуждение основных знаний, усвоенных на уроках естественнонаучного цикла.
3. Защита «образов природы» и выбор лучшего «образа».
4. Демонстрация экспериментальных заданий исследовательского, интегративного характера, праздничное представление и др.

В выпускном классе вместо «образов природы» выполняются рефераты по интеграции знаний. В конце года проводится межпредметная конференция «Научная картина мира». Методика ее подготовки и проведения будет дана в последнем параграфе.

Как видно из характеристики процесса формирования ЕНМП, в нем используются традиционные и специфические методы обучения. Среди последних главными являются методы структурирования и обоснования знаний на основе фундаментальных и специфических законов природы, обоб-

щения и информатизации знаний при их помощи. Ниже показана связь методов и приемов с принципами формирования ЕНМП.

Принципы	Методы и приемы
Структурность знаний	Установление системности знаний с опорой на представления об иерархии законов природы; установление ядра темы, раздела, курса; структурирование отрезков учебного материала на основе представлений о специфических и фундаментальных законах природы; выделение главного, анализ через синтез
Идейная сквозная взаимосвязь знаний	Систематизация и обобщение (концентрация) знаний естественнонаучных предметов на основе фундаментальных закономерностей природы, выражаемых обобщенными естественнонаучными идеями сохранения, направленности процессов и их периодичности в природе, на основе ядра естественнонаучных знаний; установление межпредметных связей, их системы на основе обобщенных идей
Информатизация знаний о природе	Использование ЭВМ для получения информации о знаниях тем, разделов, курсов естествознания, упорядоченной на основе специфических и фундаментальных законов
Диалектический подход к установлению структуры учебного материала	Преобразование информации с целью наиболее емкого ее выражения, знаковое ее моделирование; выделение главных и подчиненных понятий; установление связей между элементами знаний в данном отрезке учебного материала (внутренние связи) и межпредметных связей этих элементов знаний (внешние связи) с использованием специфических и фундаментальных законов природы; определение места структурируемых знаний в ЕНМП (методы структурирования)
Непрерывность знаний	Обоснование знаний при помощи фундаментальных законов природы, выявление в этом процессе внутрипредметных и межпредметных связей (методы обоснования и аксиоматизации знаний)

Методы и приемы формирования ЕНМП в процессе обучения обуславливают не только целостность знаний, но и прочность базисных знаний о природе, так как основаны на многократном использовании фундаментальных закономерностей природы и ядра естественнонаучных знаний. Действующие программы по физике, химии, биологии предлагают учащимся за время обучения в школе усвоить более 1000 понятий, которые выступают как разрозненные элементы знаний. Нельзя требовать, чтобы все эти понятия были

усвоены
ядро естес
закономер
ностями
отражена
зеленым, а

На пр
ние ядра
кратно обо
кономернос
специфичес
фундamenta
ментальные
естественно
их доказыв

В табли
естественно

8. СОДЕРЖАНИЕ В ОБОБЩЕНИИ

Начнем
естествозна
или замкнут
процессах, с
формулиров
математичес
=const, где
непрерывно
пространств
закон утвер
масс исходн
компонентов
расчетов в х
но которым
масса каждо

До конц
ством части
жения. Разв
ники измен
зависимость
Это изменил
энергии, они
деление их н
и сохранения
процессов, к

усвоены глубоко и прочно. Выделенное в данной работе ядро естественнонаучных знаний содержит около 50 частных закономерностей, связанных фундаментальными закономерностями (см. второй форзац: идея сохранения на схеме отражена синим цветом, идея направленности процессов — зеленым, а идея периодичности процессов — красным).

На протяжении обучения в VII—XI классах содержание ядра усваивается постепенно. Частные законы многократно обосновываются при помощи фундаментальных закономерностей, а знания о явлениях, фактах — при помощи специфических, частных законов и через них — на основе фундаментальных закономерностей. В этом смысле фундаментальные закономерности можно принять за аксиомы естественнонаучных школьных знаний, так как при помощи их доказывается истинность этих знаний.

В таблице 5 приводится вариант содержания ядра естественнонаучных знаний.

8. СОДЕРЖАНИЕ ЗНАНИЙ, ВХОДЯЩИХ В ОБОБЩЕННЫЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЕ ИДЕИ

Начнем с закона сохранения массы. В классическом естествознании считается, что «масса изолированного тела или замкнутой системы тел остается постоянной при любых процессах, совершающихся в теле или системе». Это и есть формулировка закона сохранения массы, который можно математически записать в виде соотношения: $\sum m_i + \int \rho dr = \text{const}$, где m_i — масса i -го тела в системе, ρ — плотность непрерывно распределенных масс и dr — элемент объема пространства. Применительно к химическим процессам этот закон утверждает, что в любой химической реакции сумма масс исходных компонентов равна сумме масс конечных компонентов реакции. Это утверждение служит основой расчетов в химии. Базируется оно на представлениях, согласно которым число атомов, участвующих в реакциях, и масса каждого из них остаются неизменными.

До конца XIX в. масса считалась неизменным свойством частиц вещества, не зависящим от скорости их движения. Развитие электродинамики и релятивистской механики изменило представление о массе: выяснилась ее зависимость от скорости и взаимосвязь массы и энергии. Это изменило представление о законах сохранения массы и энергии, они стали считаться слитыми в единый закон. Разделение их на самостоятельные законы (сохранения массы и сохранения энергии) правомерно лишь при объяснении процессов, когда скорости частиц малы ($v \ll c$) и отсут-

Таблица 5

Закон или закономерность	Фундаментальный закон или идея
<p style="text-align: center;">Ф и з и к а</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Закономерности, определяющие положение тела в пространстве (для равномерного, неравномерного, криволинейного движения) 2. Закономерности действия на тело сил (законы Ньютона, Гука, проявления сил трения) 3. Закон сохранения импульса 4. Закономерности, определяющие механическую работу и мощность 5. Закон взаимопревращения потенциальной и кинетической энергий 6. Закономерности движения жидкостей и газов 7. Закономерности колебательного движения (механического и электромагнитного) 8. Закономерности волнового движения (механического и электромагнитного) 9. Закономерности газового состояния 10. Основное уравнение МКТ 11. Закономерности жидкого состояния 12. Закономерности строения и свойств твердого тела 13. Законы электростатики 14. Законы постоянного тока 15. Закономерности электромагнитной индукции и магнитного поля 16. Законы переменного тока 17. Постулаты СТО 18. Закон взаимосвязи массы и энергии 19. Закономерности волновых и квантовых свойств света 20. Закономерности ядерных реакций 	<p>Идея относительности и через нее — идея сохранения</p> <p>Идея однородности пространства, «выход» через нее к идее сохранения</p> <p>Идея однородности пространства</p> <p>Идея сохранения, закон сохранения механической энергии</p> <p>Идея сохранения</p> <p style="text-align: center;">—»—</p> <p>Идеи сохранения и периодичности</p> <p style="text-align: center;">—»—</p> <p>Идея сохранения, выражаемая законами сохранения массы вещества и энергии</p> <p style="text-align: center;">—»—</p> <p>Идея направленности природных процессов, выражаемая через диалектическое единство принципа минимума потенциальной энергии и II начала термодинамики</p> <p>Идеи сохранения, направленности процессов и периодичности свойств простых веществ</p> <p>Идея сохранения, выражаемая через законы сохранения энергии и электрического заряда; идея направленности процессов</p> <p>Идеи сохранения и направленности процессов</p> <p style="text-align: center;">—»—</p> <p>Идеи сохранения и периодичности</p> <p>Идея сохранения</p> <p style="text-align: center;">—»—</p> <p>Идея сохранения</p> <p>Идея направленности</p>

Закон или закономерность	Фундаментальный закон или идея
Х и м и я	
1. Атомно-молекулярное учение	Идея дискретности и через нее — идея сохранения
2. Закономерности, определяющие правила составления уравнений химических реакций	Идея сохранения, выражаемая через законы сохранения энергии, массы вещества, электрического заряда
3. Закономерности в свойствах металлов	Периодический закон
4. Закономерности в свойствах неметаллов	—»—
5. Закономерности химических реакций	Идея сохранения и идея направленности процессов, выражаемая через принцип минимума потенциальной энергии и II начало термодинамики
6. Закономерности свойств элементов в группах и подгруппах. Определение свойств элементов по их месту в таблице	Периодический закон
7. Закономерности химических связей	Идеи сохранения и направленности процессов
8. Закономерности электролитической диссоциации	Идея сохранения, выражаемая через законы сохранения; идея направленности процессов
9. Закономерности строения органических веществ	Идеи сохранения, направленности процессов, периодичности
10. Закономерности строения атома	—»—
Б и о л о г и я	
1. Закономерности строения растений	Идея сохранения, выражаемая через понятия симметрии и взаимодействия в природе
2. Закономерности развития растительного мира	Идея сохранения (через основные положения МКТ, закономерности химических реакций, законы сохранения)
3. Закономерности питания и дыхания живых организмов (растений, животных, человека)	Идея направленности процессов (через основные положения МКТ, II начало термодинамики), идея сохранения (законы сохранения массы вещества, энергии)
4. Законы опорно-двигательной системы животных и человека	Идея сохранения, понятия равновесия и симметрии
5. Закономерности обмена веществ в живых организмах	Идея направленности процессов и сохранения
6. Закономерности действия нервной системы, желез внутренней секреции, органов чувств	Идея сохранения (законы сохранения энергии, электрического заряда, взаимодействия)

Закон или закономерность	Продолжение Фундаментальный закон или идея
7. Закономерности размножения и развития животных и человека 8. Законы, лежащие в основе эволюционного учения 9. Закономерности развития органического мира 10. Закономерности существования биосферы 11. Законы цитологии 12. Закономерности наследственности	Идея сохранения (понятия однородности пространства и времени, понятие симметрии) Идея направленности процессов Идея направленности процессов, идея сохранения Идея сохранения и направленности процессов —»— —»—

вуют превращения частиц. Но школьное естествознание в основном изучает именно такие процессы, за исключением двух тем курса физики выпускного класса («Элементы теории относительности» — 5 ч и «Атом и атомное ядро» — 25 ч), поэтому нет причин игнорировать закон сохранения массы в содержании этого предмета.

Понятие о законе сохранения массы вводится в VIII классе как об основном законе химии; базируется оно на представлении о том, что ни один атом в химических реакциях не исчезает и не появляется и масса каждого атома остается неизменной. Аналогичное понятие следует дать и в курсе физики VIII класса при изучении количества теплоты и составлении уравнений теплового баланса, например, в такой формулировке: «При всех физических, химических, биологических процессах, в которых число атомов и их масса не меняются, масса веществ в изолированной системе остается неизменной». Затем закон сохранения массы вещества вместе с законом сохранения и превращения энергии используется для объяснения физических, химических явлений, процессов в географической оболочке, а также явлений обмена веществ и энергии в живом организме. В единстве эти законы служат для раскрытия идеи сохранения при изучении естествознания на первой ступени обучения.

В IX классе после введения на уроках физики понятия о массе как мере инертных и гравитационных свойств объекта содержание закона сохранения массы веществ уточняется. Учащихся подводят к пониманию того, что масса изолированного тела (или системы тел) во всех процессах, при которых неизменны число атомов вещества и их масса как мера инертных и гравитационных свойств, остается постоянной. К таким процессам относятся механические,

тепловые, химические. В курсе биологии массы вместе с понятием энергии вводятся в организм человека идентично усвоению, что все процессы (можно добавит энергии проходят в нении взаимопре используется пон ренней энергии в ческих связей.

Объясняющая нения энергии и но, что соответс нонаучной карти риалистического ний о вечном кр Эти законы в. рас расчетов химичес ние уравнений т основой вычисле циона питания и

При изучении раскрывается ед законом взаимос что все измене валентным изме где сохраняется ее масса. Поняти ривается как сво цы, но и кванты понятия закона вается масса, со цами, обладающ

После того к действий в прир массы и энергии ния энергии и м зом. Записываем той системы. Е ных частей сис Последнее сла

тепловые, химические, биологические, электромагнитные и др.

В курсе биологии IX класса понятие о законе сохранения массы вместе с понятием о законе сохранения и превращения энергии вводится во время общего обзора особенностей организма человека (начало анатомии). Их содержание идентично усвоенному на уроках физики; подчеркивается, что все процессы обмена веществ в клетке, организме (можно добавить — в биосфере) и взаимопревращения энергии проходят в согласии с этими законами. При объяснении взаимопревращений энергии в организме человека используется понятие об изменении и превращении внутренней энергии веществ вследствие перестройки в них химических связей.

Объясняющая и обобщающая функции законов сохранения энергии и массы вещества используются параллельно, что соответствует их роли в создании первой естественнонаучной картины мира, когда они были основой материалистического объяснения явлений, а также представлений о вечном круговороте материи и движения в природе. Эти законы в школьном естествознании служат основой расчетов химических реакций, решения задач на составление уравнений теплового баланса, на процессы в газах, основой вычисления калорийности пищи, составления рациона питания и пр.

При изучении темы «Основы теории относительности» раскрывается единство названных законов, выражаемое законом взаимосвязи массы и энергии, который утверждает, что все изменения энергии системы сопровождаются эквивалентным изменением ее массы, т. е. во всех процессах, где сохраняется энергия замкнутой системы, сохраняется и ее масса. Понятие массы при этом обобщается; оно рассматривается как свойство, которым обладают не только частицы, но и кванты поля. Здесь следует показать и расширение понятия закона сохранения массы на случай, когда учитывается масса, соответствующая энергии связи между частицами, обладающими массой покоя.

После того как учащимся дано понятие о видах взаимодействий в природе, при закреплении закона взаимосвязи массы и энергии показываем взаимосвязь законов сохранения энергии и массы. Это можно сделать следующим образом. Записываем закон сохранения полной энергии E замкну-

той системы: $E = \sum_{i=1}^n E_i + E_{\text{св}}$, где $\sum_{i=1}^n E_i$ — энергия состав-

ных частей системы, $E_{\text{св}}$ — энергия их взаимодействия. Последнее слагаемое может быть как положительным, так

и отрицательным, значит, энергия системы может быть как больше, так и меньше энергии составляющих ее частей и, следовательно, закон сохранения энергии нельзя понимать как утверждение о сохранении суммы энергий частей, составляющих изолированную систему, как это было в классическом естествознании.

Уточнив содержание закона сохранения энергии, обращаемся к закону сохранения массы вещества. Согласно ему, масса системы равна массе ее частей. Показываем, что это утверждение нельзя считать абсолютно точным. Учитывая взаимосвязь массы и энергии, разделив обе части выражения закона сохранения полной энергии на c^2 , получим для полной массы системы:

$$\frac{E}{c^2} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{c^2} + \frac{E_{св}}{c^2}; \quad M = \sum m_i + \frac{E_{св}}{c^2}.$$

Из последнего выражения видно, что полная масса системы может быть и больше, и меньше суммы масс частей, ее составляющих. В наличии члена, учитывающего взаимодействие частей системы, заключается отличие классического понимания закона сохранения массы от релятивистского. Взаимодействия, рассматриваемые в классическом естествознании (гравитационные, электромагнитные), таковы, что этим членом можно пренебречь. Выделяющаяся в химических реакциях энергия в расчете на одну молекулу составляет в среднем $10^{-18} - 10^{-19}$ Дж. Эта энергия ничтожна по сравнению с энергией $E = m_0 c^2$, где m_0 — масса покоя молекул. Например, при сгорании углерода, взятого в количестве 1 моль, выделяется $4,02 \cdot 10^5$ Дж энергии, что соответствует уменьшению массы реагирующих веществ на $4,4 \cdot 10^{-10}$ кг — таким изменением массы тоже можно пренебречь. Поэтому в химических, биохимических, тепловых, механических, электромагнитных процессах, изучаемых школьным естествознанием, вполне можно считать, что $M = \sum m_i$, т. е. что закон сохранения массы вещества достаточно точен и им можно пользоваться при объяснении самых различных процессов, в первую очередь химических реакций, агрегатных превращений вещества, круговоротов веществ в природе. В ядерной физике, где рассматриваются сильные взаимодействия, член $\frac{E_{св}}{c^2}$ играет существенную роль. Энергия связи, проявляющаяся в ядерных реакциях, в расчете на нуклон составляет $\sim 10^{-12}$ Дж и сравнима с энергией $E = m_0 c^2$, где m_0 — масса покоя нуклона. Поэтому для ядерных и термоядерных реакций, для всех процессов,

связанных с взаимопревращением элементарных частиц, законом сохранения массы вещества в виде $M = \sum m_i$ пользоваться нельзя. При расчетах таких процессов применяют закон сохранения полной массы системы, согласно которому: полная масса изолированной системы, состоящая из суммы масс частиц и массы, соответствующей массе взаимодействия между ними, при всех процессах в системе остается постоянной.

Общность законов сохранения в современной картине мира проявляется на всех уровнях осознания его целостности — мега-, макро- и микромире.

Как следует из предыдущего анализа, законы сохранения действуют в природе в единстве, расчленив их можно только мысленно. Так формировалось и представление о них в процессе развития естественнонаучной картины мира, так целесообразно изучать их в школе. В связи с этим выглядит необоснованным изучение закона сохранения электрического заряда лишь в X классе, как, впрочем, и то, что учебные программы не требуют широкого его применения при обосновании изучаемых явлений.

Закон сохранения электрического заряда состоит в том, что алгебраическая сумма электрических зарядов любой замкнутой системы остается неизменной, какие бы процессы в ней ни происходили. Представления об этом законе, как и о законе сохранения массы вещества, начали формироваться во времена механической картины мира. Базировались они на идее несотворения и неисчезновения частиц электричества. Это мнение утвердилось окончательно с открытием электрона, позитрона и других заряженных частиц, когда стало ясно, что электрический заряд — неотъемлемая характеристика частицы. При отсутствии взаимопревращения элементарных частиц закон сохранения электрического заряда, как и закон сохранения массы вещества, можно рассматривать как следствие сохранения числа частиц. Поэтому оба закона следует начинать изучать в VIII классе: закон сохранения массы вещества — на уроках химии, а закон сохранения электрического заряда — на уроках физики. (Они в одинаковой мере доступны пониманию учащихся; тот факт, что в законе сохранения электрического заряда фигурирует алгебраическая сумма, не является преградой для восьмиклассников, так как они знают действия с алгебраическими величинами.)

Первое представление о законе сохранения электрического заряда даем восьмиклассникам после объяснения электризации тел на основе знаний о строении атома. Усвоив, что в атоме число положительных зарядов всегда равно

числу отрицательных, учащиеся сами приходят к выводу, что в изолированном теле или системе тел число заряженных частиц не меняется при всех процессах в них — может происходить только перераспределение электрических зарядов.

В последующих классах закон сохранения электрического заряда становится основой для объяснения явлений электризации, электрического тока, химических реакций — всех процессов, связанных с перераспределением электрических зарядов. Фактически вся химия представляет собой яркую иллюстрацию его действия, поскольку химические реакции сводятся к перераспределению электронов между частицами реагирующих веществ.

Изменение энергии, массы, электрического заряда тела или системы тел характеризуется определенной направленностью к наиболее вероятному — равновесному состоянию объектов и их систем. В школьном естествознании можно рассматривать равновесие механической системы и равновесие статистической (термодинамической, если в ней учитываются тепловые эффекты) системы.

Механическое равновесие — это состояние системы под действием сил, при котором все ее точки покоятся по отношению к рассматриваемой системе отсчета. Важным случаем равновесного состояния является устойчивое равновесие, когда при малом возмущении (смещении, толчке) точки системы возвращаются к равновесному положению. Равновесие механической системы будет устойчивым, если в положении равновесия ее потенциальная энергия минимальна. Закон, согласно которому потенциальная энергия системы стремится к минимуму при переходе ее в устойчивое состояние, используется для объяснения поведения объектов в поле сил тяжести, упругости, электростатическом поле, при объяснении многих молекулярных явлений (взаимодействия молекул, образования кристаллов, сферической формы свободной капли жидкости и др.). Этот закон возможно использовать и в школе (см. популярное изложение связанных с ним вопросов в статье для учащихся: Кикоин К. А. Что такое потенциальная яма? // Квант. — 1982. — № 8).

Множество объектов, подверженных случайным событиям, составляют статистическую систему, для которой тоже возможно равновесное состояние. Статистическое равновесие — это такое состояние замкнутой системы, при котором средние значения всех физических величин, характеризующих состояние, не зависят от времени. Поскольку хаотическое, тепловое движение частиц происходит во всех

макротелах, то статистическая информация от того, симости от того, Термодинамический большой промежуток в состоянии тер в системе прекращается, диффузия, в ней продолжаясь, на динамическим. Нап модинамической с второе начало т обобщение тех э жают специфичес ленные его хаоти

Второе начало ровок. Из них в у в наибольшей м этом законе и ного естествозна формулировка пр фициент полезно от рабочего вещ ными температу Р. Клаузиус и сформулированн выражением вто может самопрон к более нагрето действующую ма бы к совершению охлаждению теп взаимно эквива другой.

Наиболее об каждой термоди функция ее пар но приведенной мых процессах энтропии: $S_2 -$ ной системе до стигнет макс школьном есте о втором есте примени

макротелах, то всякое тело может рассматриваться как статистическая или как термодинамическая система в зависимости от того, учитываются тепловые эффекты или нет. Термодинамическая изолированная система через достаточно большой промежуток времени самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия. При этом в системе прекращаются все макропроцессы (теплопроводность, диффузия, химические реакции и др.), микропроцессы в ней продолжают, т. е. такое равновесие является динамическим. Направление самопроизвольного перехода термодинамической системы к состоянию равновесия определяет второе начало термодинамики. Оно представляет собой обобщение тех экспериментальных фактов, которые выражают специфические свойства теплового движения, обусловленные его хаотичностью.

Второе начало термодинамики имеет несколько формулировок. Из них в учебных целях следует выбрать ту, которая в наибольшей мере отражает научные представления об этом законе и имеет предпосылки в программах школьного естествознания для раскрытия его содержания. Первая формулировка принадлежит С. Карно: «Максимальный коэффициент полезного действия тепловой машины не зависит от рабочего вещества и полностью определяется предельными температурами, при которых работает машина». Р. Клаузиус и В. Томсон предложили два других, шире сформулированных постулата, которые и стали классическим выражением второго начала термодинамики: «Теплота не может самопроизвольно переходить от менее нагретого тела к более нагретому»; «Невозможно построить периодически действующую машину, вся деятельность которой сводилась бы к совершению механической работы и соответствующему охлаждению теплового резервуара». Все три формулировки взаимно эквивалентны, они могут быть получены одна из другой.

Наиболее общей является такая формулировка: «Для каждой термодинамической системы существует однозначная функция ее параметров — энтропия, изменение которой равно приведенной теплоте в обратимых процессах. В необратимых процессах приведенная теплота меньше изменения

энтропии: $S_2 - S_1 \geq \int \frac{dQ}{T}$. Реальные процессы в изолированной системе должны прекратиться, когда ее энтропия достигнет максимума». Она может быть использована в школьном естествознании для формирования представления о втором начале термодинамики как общем законе природы, применимом для объяснения физических, химических и

биологических процессов. Но для этого нужно выразить понятие энтропии в терминах, доступных пониманию учащихся.

Энтропия любой термодинамической системы определяет степень неупорядоченности микроскопического движения, происходящего в ней. Увеличение неупорядоченности, хаотичности внутреннего движения в системе связано с ее переходом к более вероятному состоянию. Действительно, увеличение энтропии изолированной системы соответствует ее переходу к более устойчивому состоянию, более близкому к термодинамическому равновесию. А чем более устойчиво состояние, тем чаще оно должно встречаться при наблюдении системы. Связь между энтропией изолированной системы и вероятностью ее состояния установил Л. Больцман:

$$S = k \ln W + \text{const},$$

где W — термодинамическая вероятность, пропорциональная математической вероятности (их различие в том, что вторая является правильной дробью, а первая выражается целым числом, равным числу различных микроскопических состояний, которые реализуют данное макросостояние системы). Но понятие вероятности в школе не изучается. Обойти эту преграду можно, используя содержание понятия энтропии для понимания направленности процессов и не упоминая самого термина «энтропия». Рассматриваем изолированную систему, состоящую из огромного количества хаотически движущихся частиц. В ее равновесном состоянии беспорядок в распределении частиц энергии между ними максимален. Дальнейшее их перераспределение становится невозможным, и макропроцессы, сопровождающиеся переносом энергии и вещества, прекращаются. Таким образом, оперируя содержанием понятия энтропии как мерой неупорядоченности (беспорядка) элементов в системе, придется употреблять термин «вероятное состояние» в понимании «наиболее часто встречающееся» для наблюдаемой системы, связанное с симметрией в расположении частиц системы, распределении энергии между ними, с максимумом беспорядка в расположении этих частиц. Все эти представления доступны старшеклассникам и хорошо связываются с представлением о равновесном состоянии системы. Учащимся показываем, что и закон о минимуме потенциальной энергии, и второе начало термодинамики указывают направленность перехода систем к наиболее вероятному — равновесному состоянию, что устойчивое равновесие реализуется при экстремальных характеристиках — при минимуме потенциальной энергии системы тел, находящихся в потенциа-

ном поле, или при максимуме некоторой функции состояния системы, характеризующей степень беспорядка составляющих ее частиц, движущихся хаотично.

При этом необязательно объяснять учащимся отличие статистической системы от термодинамической и оперировать этими терминами. Отличие выяснится при анализе содержания второго начала термодинамики и его применении. Так, применяя его к термодинамическим системам, будем подчеркивать характер внутренней энергии, показывать, что ее нельзя полностью перевести в другие виды, что в конечном счете любые другие виды энергии переходят в замкнутой системе во внутреннюю энергию, что все реальные процессы в макром мире сопровождаются превращением различных видов энергии во внутреннюю энергию, т. е. обесцениванием энергии увеличивают меру беспорядка в окружающем мире — хаотичность движения.

Содержание каждого из законов, определяющих направленность процессов, можно выразить так: 1) всякий объект, находящийся в изолированной системе, где действует силовое (потенциальное) поле, самопроизвольно переходит в наиболее вероятное состояние — устойчивое равновесие, в котором его потенциальная энергия минимальна; 2) всякая изолированная система, состоящая из хаотически движущихся частиц, самопроизвольно переходит в наиболее вероятное — равновесное состояние, в котором беспорядок в расположении и состоянии частиц максимален при данных условиях. Можно эти два положения объединить в одно — более общее: в изолированных системах самопроизвольные процессы протекают в направлении перехода системы в равновесное (наиболее вероятное) состояние.

Таким образом, во всех формулировках подчеркивается не абсолютный, а вероятностный характер направленности процессов в природе. Раскрыть этот смысл законов помогает учителям физики, химии, биологии таблица 5 «Направленность процессов в природе» [18] (см. вклейку VII). Остановимся на ее содержании подробнее, так как излагаемый материал труден в методическом отношении.

Понятие о направленности природных процессов можно начать формировать в VII классе, не используя термины «принцип минимума потенциальной энергии», «второе начало термодинамики». Используя первую позицию рисунка, полезно показать семиклассникам, что тела под действием сил ведут себя так, как шарики, брошенные в ящик с неровным дном, двигаясь по которому они наконец останавливаются в положении устойчивого равновесия. Потенциальная энергия шариков достигает минимума, определяемого глубиной

лунки. Не исключено, что некоторые шарики расположатся на вершинах выпуклостей, где они также будут в состоянии равновесия, но такое состояние маловероятно и неустойчиво, так как при малейшем отклонении от положения равновесия возникает сила, которая скатывает шарик в лунку. Таким образом, тела переходят в наиболее вероятное состояние — в состояние устойчивого равновесия с возможно минимальным значением потенциальной энергии. В таком состоянии они без внешнего воздействия двигаться не могут, так как при перемещении совершается работа, производимая за счет убыли потенциальной энергии, которая у них уже минимальна и потому уменьшиться не может. Пропедевтические представления будут складываться у семиклассников при получении знаний, например, о равновесии тел во время изучения условий равновесия рычага. Используя близкие им, воспринимаемые эмоционально примеры из области живой природы, даем понятие о связи устойчивости тела с его симметрией. Рассматривая далее явление диффузии, подчеркиваем необратимость этого процесса и его роль в питании и дыхании организмов.

При ознакомлении семиклассников с кинетической и потенциальной энергией, их взаимопревращением, указываем на то, что катящийся с горы камень, текущая к морю вода в реке стремятся к состоянию равновесия, при этом их потенциальная энергия уменьшается и в конце этих процессов станет минимальной.

К VIII классу понятие о направленности природных процессов уже наполняется определенным содержанием, а далее происходит его конкретизация при объяснении тепловых, химических, электрических, магнитных явлений и обобщение в фундаментальный принцип. (Учитель биологии вводит понятие о направленности процессов при рассмотрении основных процессов жизнедеятельности клетки на уроках анатомии.)

В старших классах при изучении свойств газов вновь обращаемся к рис. на вклейке VII и показываем ученикам, что аналогично шарикам ведут себя частицы газа, находящиеся в силовом поле: каждая из них тоже переходит в состояние устойчивого равновесия с минимумом потенциальной энергии. Кроме того, рассмотрев рисунок, иллюстрирующий расширение газа (позиция 2), можно показать, что система, состоящая из большого количества частиц, находящихся в состоянии хаотического движения, сама по себе переходит в состояние еще большего беспорядка в расположении частиц, чем был до этого. Так, в начале изображенного процесса был определенный порядок в распределении

молекул газа. Они
Как только кран от
ческого движения.
начинают распреде
продолжается до
объеме, им зани
молекулы не собер
освободив второй
тим. Этот и мног
(диффузия, перехо
нагретому и др.)
чески движущихся
стоянию.

В первом случа
обусловлен взаимо
дится в силовом
занимает такое по
ствия достигает ми
более вероятное с
ского движения ча
ны между собою
в диалектическом
теkania процесса
фактор, определя

Переходя к по
охлаждения систе
денсация, криста
теплоты. При эт
притяжение межд
го потенциальная
системе теплоты
притяжение межд
является тенден
нии частиц — пр

Последний р
казать направле
ские реакции ре
этих веществ.
агрегаты, образ
нием энергии в
сопровождают
туры реагируют
в сторону реак
число части
положен

молекул газа: они собраны в одном сосуде, другой пуст. Как только кран открыли, молекулы газа вследствие хаотического движения, без всякого воздействия на них извне, начинают распределяться по обоим сосудам. Этот процесс продолжается до тех пор, пока плотность газа во всем объеме, им занимаемом, не выравнивается. Сами по себе молекулы не соберутся снова в первом сосуде, полностью освободив второй сосуд. Процесс расширения газа необратим. Этот и многие другие самопроизвольные процессы (диффузия, переход теплоты от более нагретого тела к менее нагретому и др.) объясняются переходом системы хаотически движущихся частиц к наиболее вероятному ее состоянию.

В первом случае переход в наиболее вероятное состояние обусловлен взаимодействием частиц. Каждая из них находится в силовом поле, созданном другими частицами, и занимает такое положение, в котором энергия взаимодействия достигает минимума. Во втором случае переход в наиболее вероятное состояние происходит вследствие хаотического движения частиц. Эти два фактора неразрывно связаны между собой и в каждом процессе выступают в диалектическом единстве. В зависимости от условий протекания процесса в большей мере проявляется тот или иной фактор, определяющий его направленность.

Переходя к позиции 3 рисунка, можно показать, что при охлаждении системы происходят такие процессы, как конденсация, кристаллизация, сопровождающиеся выделением теплоты. При этом начинает в большей мере проявляться притяжение между молекулами вещества, вследствие которого потенциальная энергия их уменьшается. При сообщении системе теплоты энергия частиц (молекул) увеличивается, притяжение между ними ослабевает, в большей мере проявляется тенденция к увеличению беспорядка в расположении частиц — происходит испарение, плавление и др.

Последний рисунок (позиция 4) поможет учителю показать направленность химических реакций. При понижении температуры реагирующих веществ наблюдаются химические реакции, ведущие к минимуму внутренней энергии этих веществ. Атомы соединяются в такие молекулы или агрегаты, образование которых сопровождается уменьшением энергии взаимодействия, причем реакции соединения сопровождаются выделением теплоты. Возрастание температуры реагирующих веществ обуславливает сдвиг равновесия в сторону реакций разложения, при которых увеличивается число частиц в системе и возрастает беспорядок в их расположении; реакции разложения идут с поглощением тепло-

ты. Таким образом, знание о диалектическом единстве принципа минимума потенциальной энергии и второго начала термодинамики помогает объяснить принцип Ле Шателье — Брауна, с которым учащиеся, согласно программе по химии, встречаются в выпускном классе.

Всякое обращение к понятию о направленности природных процессов неразрывно связано с рассмотрением изменения энергии, т. е. идея направленности процессов раскрывается в единстве с идеей сохранения. При изучении закона сохранения механической энергии полезно еще раз выяснить, что при минимальном значении потенциальной энергии тела изменение ее может быть равно только нулю, следовательно, не должно происходить превращения потенциальной энергии тела в кинетическую, значит, в этом случае оно находится в устойчивом равновесии.

Содержание идеи периодичности хорошо знакомо учителям, так как закономерности, которые она включает, изучаются в школе согласно действующим программам (см. вклейку VIII). Между тем задача состоит в том, чтобы разобщенные знания о периодических процессах в природе представить учащимся как единую закономерность, обуславливающую длительность повторяющихся явлений, постоянство функционирующих природных структур, начиная от атома и электромагнитной волны до организма, биосферы, Солнечной системы, галактики.

Первое представление о периодических процессах учащиеся получают в курсе природоведения, когда изучают движение Земли вокруг Солнца, обусловленность сезонных изменений нашей планеты, а затем при изучении ботаники. На уроках химии и физики идея периодичности развивается при изучении строения атома и периодического закона; дается представление о взаимосвязи свойств вещества и строения атомов. На протяжении изучения свойств вещества в VIII—XI классах периодический закон выступает основой обобщения знаний о них не только на уроках химии, но и физики. В курсе биологии идея периодичности выражается через понятие круговоротов веществ в биосфере и географической оболочке, понятие биоритмов. Выявить более конкретно единство знаний о периодических процессах помогут учителям физики, химии, биологии написанные автором пособия «Взаимосвязи при изучении общих законов в природе», «Перекрестки физики, химии и биологии» [17, 18].

Глава II.

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МИРОПОНИМАНИЯ

«Не утвердит себя человек беззаконием».

Из библейской притчи

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕНМП И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ УЧИТЕЛЕЙ

Методические проблемы формирования ЕНМП мы связываем с двумя аспектами: разработкой способов деятельности учителя и учащихся, направленных на достижение целостного естественнонаучного миропонимания школьников; материального методического обеспечения формирования ЕНМП. Оба эти аспекта должны быть связаны с решением следующих задач:

1. Установление структурности знаний, логической структуры отрезков учебного материала естественнонаучных предметов на основе общих для всех и специфических для каждого предмета закономерностей.

2. Аксиоматизация естественнонаучного знания при помощи фундаментальных закономерностей природы, формирование ядра естественных знаний как основы «образа природы» учащихся на всех этапах их обучения.

3. Выявление методов обучения, соответствующих решению этих задач.

4. Определение форм организации занятий, создание средств обучения, пособий для учащихся и учителей, обеспечивающих формирование ЕНМП как межпредметный, общий для всех естественнонаучных дисциплин процесс.

5. Разработка критериев ориентации урока на формирование целостного ЕНМП учащихся.

Решение поставленных методических задач должно привести к управлению процессом обучения в соответствии со структурностью знаний о природе, приводящей к их целостности и выделению ядра естественнонаучных знаний как основы формирования этой целостности в каждый момент обучения. Подтверждение мысли о возможности построения процесса обучения таким образом мы находим в других исследованиях. Это концепция цикличности (В. Г. Разумовский), концепция теоретических обобщений применительно

к курсу физики (В. В. Мултановский), концепция управления учебным процессом в соответствии со структурой знаний (Л. С. Хижнякова). В них реализуется построение учебного процесса в соответствии со структурой учебного материала и структурой деятельности учащихся применительно к курсу физики.

Концепция цикличности, разработанная В. Г. Разумовским применительно к курсу физики, стала общепризнанной во всем естествознании. Согласно ей познавательная деятельность учащихся организуется аналогично циклу научного познания (факты → проблемы → гипотеза → теоретические следствия → проблема → эксперимент). По-другому подходит к организации учебной деятельности В. В. Давыдов: «Учебная деятельность школьников... строится в соответствии со способом изложения научных знаний, со способом восхождения от абстрактного к конкретному. Мышление школьников в процессе учебной деятельности имеет нечто сходное с мышлением ученых, излагающих результаты своих исследований посредством содержательных абстракций, обобщений и теоретических понятий, функционирующих в процессе восхождения от абстрактного к конкретному» [9, с. 146]. По мнению автора, усвоение знаний, носящих общий и абстрактный характер, предшествует знакомству учащихся с более частными и конкретными знаниями. Последние выводятся учащимися из общего и абстрактного как из своей единой основы.

Свою задачу мы видим в том, чтобы соединить эти два подхода при организации деятельности учащихся в процессе формирования ЕНМП. Познание фактов, наблюдений явлений, процессов должно идти по схеме, предлагаемой концепцией цикличности. Такой путь изучения новых знаний является основным при усвоении содержания естественно-научных предметов. Но в эту схему мы включаем еще одно звено — обоснование теоретических выводов на основе фундаментальных законов природы. Включение его предполагает, что фундаментальные законы природы должны быть известны учащимся, когда они приступают к изучению того или иного явления или частного закона природы.

После изучения нового материала (имеется в виду определенный его отрезок) знания его должны быть структурированы, переформулированы так, чтобы их было удобно хранить в памяти, и включены в ЕНМП учащегося. Инструментом такой переработки информации являются знания об основных законах природы, общих естественнонаучных идеях и специфических для данной темы или раздела законах. Таким образом, при формировании ЕНМП учащихся в про-

цессе усвоения ими нового материала их учебную деятельность следует строить в соответствии с концепцией цикличности; при обобщении знаний — в процессе познания знакомого — учебная деятельность школьников организуется в согласии с концепцией теоретических обобщений. И в том, и в другом случае ориентировочная основа действий учащихся включает знания о фундаментальных законах природы, но методы их использования различны. В первом случае это метод доказательства истинности знаний на основе фундаментальных закономерностей, установление связи между элементами знаний на их основе под руководством учителя. Во втором случае это методы структурирования знаний, включающие расчленение изученного отрезка учебного материала на элементы, переформулирование информации и выражение ее в определенной знаковой форме, установление связей между элементами знаний на основе общих и частных закономерностей природы, выделение главных и подчиненных им знаний. Все эти методы и приемы по установлению структурно-логической схемы изученного материала учащимися используются самостоятельно, хотя работа направляется и контролируется учителем.

Эффективность урока, ориентированного на формирование целостных знаний о природе, зависит от того, насколько он интересен учащимся. Интерес урока может быть обусловлен внешней живостью подачи материала и внутренней стороной. Как говорил П. Ф. Каптерев, можно более или менее играть урок, привлекать к нему внимание различными наглядными пособиями, актерствовать. Но это будет только внешняя сторона урока, не затрагивающая сущности формирования ЕНМП, а значит, и развития ума. Вся сила урока лежит во внутреннем интересе, а он обуславливается, в первую очередь, равновесием фактов и идей [19, с. 590]. При формировании ЕНМП на каждом уроке в той или иной форме должны проявляться обобщенные естественнонаучные идеи, являющиеся основаниями ЕНКМ. Подобно тому как каждый акт мышления имеет три момента, так и каждый урок должен иметь три стадии: полноту усвоения материала, основательную его переработку и отчетливое выражение. Переработка учебного материала на уроке происходит в процессе его анализа через синтез. Последний заключается в том, что новое знание учащимся связывается с прежним. При формировании ЕНМП средством установления такой неразрывной связи знаний о природе на всех уроках должны быть обобщенные естественнонаучные идеи, выражающие фундаментальные закономерности природы. Они помогут

создавать внутренний интерес урока; учитель должен его спланировать так, чтобы на уроке всегда было равновесие фактов и идей.

Однако одних хороших уроков недостаточно для того, чтобы в сознании учащегося составлялся интегральный «образ природы». Необходимы специальные занятия, на которых он бы специально «проявлялся» из знаний, полученных учащимися за определенный период, корректировался и контролировался всеми учителями, отвечающими за его создание, сообща. То есть необходимы интегративные занятия, состоящие из нескольких уроков естественнонаучных предметов, посвященных систематизации и обобщению знаний под руководством нескольких учителей, присутствующих на этих занятиях и организующих их.

Такие занятия можно готовить и проводить, имея специальные средства обучения. Помимо учебников по физике, химии, биологии должны быть также и учебники по интеграции знаний, средства обучения, дидактические материалы для учащихся и пособия для учителей, действия педагогов должны быть согласованы единым планом, направляющим и координирующим их работу. Такой план составляется перед началом учебного года при участии всех учителей естественнонаучного цикла предметов. В нём отражается следующее:

- 1) тематика интегративных дней;
- 2) тематика межпредметных обобщающих уроков в конце изучения тем по физике, химии, биологии (такой урок проводится под руководством одного учителя, но консультации при подготовке к нему проводят все учителя);
- 3) содержание межпредметных уроков-консультаций, проводимых учителями совместно для параллельных классов;
- 4) содержание межпредметных самостоятельных и контрольных работ, а также способов их оценки (за что и сколько выставляется отметок);
- 5) тематика рефератов межпредметного содержания, критерии их оценки;
- 6) тематика межпредметных лабораторных работ для естественнонаучного практикума (если такой поставлен в школе);
- 7) межпредметные наглядные пособия и демонстрации, применяемые во время интегративных дней, на обобщающих занятиях межпредметного содержания и на уроках отдельных предметов;
- 8) пособия для учащихся и дидактические материалы межпредметного характера, согласованность в их использовании;

9) межпредметные экскурсии и вечера, работа школьного общества естествоиспытателей;

10) межпредметные факультативы, в частности факультатив «Эволюция естественнонаучной картины мира»¹;

11) трудные естественнонаучные понятия и вопросы, требующие специального обсуждения и согласованного изложения всеми учителями, ответственными за их формирование.

Большую роль в таком согласовании действий учителей играют межпредметные уроки-консультации, которые, к сожалению, пока не нашли широкого распространения в школах. Практика их проведения свидетельствует о том, что им должны предшествовать совещания самих учителей — заседания методобъединения. Например, на методобъединении учителей-естественников, посвященном рассмотрению программы межпредметного урока-консультации перед обобщающим уроком физики в XI классе «Создание квантовой теории», возникает необходимость обсудить с коллегами содержание материала по каждому предмету, который может быть использован на этом уроке и в процессе подготовки к нему для обобщения знаний на основе квантовых законов и естественнонаучных идей сохранения, направленности процессов, периодичности их в природе. Так, учитель химии знакомит членов методобъединения с содержанием основных положений, которые к началу XI класса усваивают на его уроках учащиеся при изучении строения атома и периодического закона:

— состояние движения электрона в атоме определяется: размерами электронного облака, его формой и ориентацией в пространстве, собственным движением электрона (электронное облако — это та область пространства в атоме, в которой наиболее вероятно пребывание электрона в каждый момент времени);

— в атоме не может быть двух электронов с одинаковыми характеристиками;

— размер, форма и ориентация электронного облака зависят от энергии электронов в атоме, собственное движение электрона не зависит от того, находится он в атоме или нет;

— электроны в атоме располагаются слоями; в одном слое находятся электроны, имеющие близкую по значению энергию, поэтому слои называются еще энергетическими

¹ См: Ильченко В. Р. Эволюция естественнонаучной картины мира // Физика в школе: Сб. нормативных документов. — М.: Просвещение, 1987. — С. 159—161.

уровнями; все электроны атома не могут занимать один энергетический уровень — тогда на нем находились бы электроны с одинаковыми характеристиками, а это запрещено законом природы (принцип Паули; он не называется);

— энергетические уровни отличаются энергией, изменяющейся при переходе от одного уровня к другому в целое число раз; они обозначаются последовательным рядом натуральных чисел: 1, 2, 3, 4, ...;

— с возрастанием номера уровня увеличивается число электронов, на нем находящихся, — его емкость; область атомного пространства, которую занимает электронное облако данного уровня, больше области, занимаемой электронным облаком, расположенным ближе к ядру атома; на каждом уровне может быть не более $2n^2$ электронов, где n — номер энергетического уровня;

— в каждом периоде таблицы Менделеева начинается заполнение электронами нового энергетического уровня в атоме — нового электронного слоя; число полностью заполненных в атоме электронных слоев равно номеру периода, в котором находится соответствующий элемент.

Учитель физики информирует о том, что уже на первом уроке темы «Атом и атомное ядро» при обсуждении планетарной модели атома, ее сопоставлении с современными представлениями о строении атома будут использованы некоторые знания учащихся из курса химии. Изученные на следующем занятии постулаты Бора послужат теоретическим обоснованием периодической системы элементов. В процессе закрепления знаний о квантовых законах будет рассмотрен вопрос: «Почему органические молекулы состоят в основном из атомов углерода, водорода, кислорода, азота?» К ответу на этот вопрос можно подвести учащихся, рассуждая следующим образом.

Атомы названных элементов по сравнению с другими имеют малые массы и заряды ядер; они занимают верхнюю часть периодической системы элементов. Это и обуславливает стабильность органических молекул, их инертность при температурах биосферы, ибо небольшие заряды ядер вызывают сравнительно медленное движение электронов в атомах и слабые магнитные поля, что не содействует электронным перестройкам; к тому же, чтобы разорвать связи в молекуле с небольшой массой атомов, нужны кванты сравнительно большой энергии. (Строго это доказывается в квантовой механике, а качественно поясняется так: частота колебаний атома в молекуле зависит от его массы: чем меньше масса, тем больше частота колебаний (аналогия с пружинным маятником); следовательно, тем больший квант

энергии сможет изменить состояние атома в молекуле, разрушить ее. При температуре биосферы кванты энергии теплового движения частиц таковы, что они не в состоянии разрушить молекулы, состоящие из атомов малой массы.)

После обсуждения содержания рассматриваемых вопросов полезно решить совместно, какой именно материал лучше включить в ход уроков по физике, какой — по химии, биологии; какие вопросы вынести на межпредметную консультацию; как вызвать интерес учащихся к этому материалу и т. д.

Заметим, что много работать над объединением знаний в систему приходится только первый год. В дальнейшем получаемый эффект и освоение самого подхода к обобщению учебного материала облегчают учителю его структурирование и объединение, стимулируют пользоваться такой методикой постоянно.

2. ПРОПЕДЕВТИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ «ОБРАЗА ПРИРОДЫ» В VII КЛАССЕ

В VII классе не изучаются общие законы природы, но начальные представления о них можно уже дать семиклассникам. Исходя из основных положений о строении вещества, целесообразно обеспечить понимание учениками сохранения массы вещества как следствия сохранения числа молекул и массы каждой молекулы; направленности процессов к максимальному беспорядку в расположении частиц вещества как следствия их хаотического движения; осознания условий равновесия симметричных объектов в поле сил тяжести; идеи дискретности как одной из наиболее общих идей естествознания; понимания примеров проявления периодичности в живой природе.

В таблице 6 приведено содержание вопросов, рассматриваемых на уроках физики, дано содержание обобщений, к которым должно привести учащихся обдумывание вопросов во взаимосвязи, в единстве, раскрываемом при помощи общих идей.

Как видно из таблицы, таких уроков, на которых учитель обращается к объяснению явлений на основе представлений о содержании общих законов, не так много, но на них рассматриваются основополагающие для VII класса понятия: о строении вещества, диффузия, масса, инерция, сила, золотое правило механики и др. Именно с их помощью рас-

Тема урока (средства наглядности [18])	Вопросы для закрепления и повторения материала
<p>1. Молекулы. Диффузия (табл. 4. «Изменение внутренней энергии. Сохранение массы вещества»; табл. 5. «Направленность процессов в природе» — позиция 2)</p> <p>2. Скорость движения молекул (табл. 1. «Диффузия в живой природе» — позиции 1, 2). Опыт по всасыванию воды корнем растения</p> <p>3. Взаимное притяжение и отталкивание молекул</p> <p>4. Три состояния вещества (табл. 4. «Изменение внутренней энергии. Сохранение массы вещества» — позиции 1, 4)</p> <p>5. Инерция</p> <p>6. Масса</p> <p>7. Сила тяжести (табл. 2. «Силы в живой природе» — позиции 1, 2; табл. 3. «Симметрия в природе»)</p> <p>8. Закон Паскаля</p> <p>9. Сообщающиеся сосуды</p> <p>10. Условие равновесия рычага (табл. 2. «Силы в живой природе» — позиции 1, 2; табл. 3. «Симметрия в природе»)</p> <p>11. Превращение одного вида механической энергии в другой</p>	<p>Как движение молекул проявляется в круговороте воды? в дыхании растений? Почему происходит явление диффузии? Почему расширяется газ? Как вода и минеральные вещества поступают в корневые волоски растений? (Иначе: как растения «пьют» воду?) Почему весной сокодвижение начинается раньше у тех берез, что стоят на солнечном пригорке?</p> <p>Почему увядшее растение теряет свою форму? Как силы взаимодействия молекул проявляются при движении сока по стеблю растения? Почему утка выходит сухой из воды? Как изменяется порядок в расположении частиц при плавлении льда? образовании пара?</p> <p>Почему воробью легче уклониться от сокола, чем голубю? За счет какой массы увеличивается масса щенка с его ростом? Сравните силы тяжести, действующие на симметричные части тела животного. Каковы должны быть их значения? Как симметричное расположение веток кроны дерева связано с его приспособлением к действию силы тяжести? Кто с большей силой притягивается к Земле — слон или муравей? Почему? Как объяснить этот закон на основании знаний о том, что в сосуде газ, предоставленный самому себе, переходит к максимально беспорядочному распределению молекул? Как, используя знания о направлении процессов в природе, объяснить течение рек к морю? Какие моменты силы тяжести действуют на одноименные части тела млекопитающих? пресмыкающихся? Назовите рычаги, имеющиеся в теле живых организмов. Почему в растительном мире редко встречаются рычаги? Может ли скатившийся с горы камень подняться сам по себе обратно?</p>

Таблица 6

крываются ведущие идеи курса (дискретность вещества), объясняются подчиненные им понятия. (Например, используя закон Паскаля, разъясняется свойство сообщающихся сосудов, действие архимедовой силы, работа водяного насоса, гидравлического пресса и т. д.) Следовательно, усваиваться учащимися они должны наиболее полно, для чего целесообразно привлекать материал из других предметов. Межпредметный материал позволяет варьировать признаки понятий, а, как известно, чем больше варьирование несущественных признаков, тем полнее обобщение при изучении понятия [10, с. 16]. Так, обратившись к понятию о круговороте воды (первый вопрос в таблице), учитель подводит учащихся к выводу, что его можно объяснить, пользуясь знаниями о молекулярном строении вещества и хаотическом движении молекул: вода испаряется с поверхности Мирового океана потому, что она состоит из отдельных молекул; молекулы пара размещаются в промежутках между молекулами воздуха; вследствие хаотического движения они перемещаются из одного места в другое; при понижении температуры проявляются силы взаимодействия между молекулами воды — пар конденсируется и т. д. Таким образом, объяснение круговорота воды в природе фактически сводится к закреплению знаний о строении вещества. Но в результате такого объяснения ученики приходят к новому для них выводу; в мировом круговороте воды общее количество молекул сохраняется, при переходе вещества из одного состояния в другое ни одна молекула не исчезает и не появляется из ничего. Так создается база для восприятия закона сохранения массы вещества в природных процессах, для понимания общности идеи сохранения. Сложившееся представление в дальнейшем конкретизируется и распространяется на явления живой природы при обсуждении вопросов на уроках 6 и 7. На этом (первом) этапе зарождения идеи сохранения она неразрывно связана с идеей дискретности вещества.

Одновременно формируется и начальное представление о направленности природных процессов, которое также опирается на идею дискретности вещества. Впервые о направленности процессов речь заходит при объяснении расширения газов, явления диффузии (урок 1); подчеркивается, что в веществе вследствие хаотического движения частиц сами по себе выравниваются всякие неоднородности: газы расширяются, происходит их диффузия, возникает диффузия и в жидкостях, твердых телах. Эти процессы приводят к выравниванию концентрации веществ по всему объему. Приведенные в соприкосновение два различных

газа, молекулы которых вначале разделены, т. е. находятся в определенном порядке, вследствие диффузии сами по себе перемешиваются — переходят к состоянию максимально возможного беспорядка в расположении молекул. При объяснении этого можно при помощи кодослайдов показать процесс проникновения молекул одного газа в промежутки между молекулами другого газа.

Представление о направленности процессов конкретизируем затем при раскрытии механизма поступления воды в корневые волокна растений. Подчеркиваем, что в системе почвенный раствор — содержимое клетки корневого волоска (клеточный сок) также есть определенный порядок в распределении частиц: по одну сторону мембраны корневого волоска — почвенный раствор, в котором малая концентрация органических веществ, имеющих сравнительно большие размеры молекул, по другую — клеточный сок, где их концентрация больше. Если бы мембрану можно было убрать, то концентрация обоих растворов вследствие диффузии выравнилась бы. Но свойства мембраны таковы, что большие органические молекулы она не пропускает, а молекулы воды проходят через нее. Что же наблюдается? Ученики приходят к выводу, что система почвенный раствор — клеточный сок будет переходить в состояние максимального беспорядка в расположении частиц: поскольку движение молекул воды через мембрану клетки возможно, они будут проникать из почвенного раствора до тех пор, пока концентрация воды по обе стороны мембраны не станет одинаковой. (Процесс этот называется осмосом, но сообщать учащимся данный термин не следует — в учебниках биологии он фигурирует только в выпускном классе. Однако само явление направленного тока растворителя через полупроницаемую перегородку в раствор большей концентрации ученикам понятно.)

При объяснении агрегатных превращений вещества учащиеся уже самостоятельно могут объяснить направленность процессов плавления и испарения к увеличению беспорядка в расположении частиц вещества. Аналогично и при изучении закона Паскаля они смогут увидеть направленность процесса: образовавшаяся вследствие действия внешней силы неоднородность плотности газа (жидкости) в какой-то части объема сосуда вследствие хаотического движения частиц исчезает — давление передается во всех направлениях одинаково. Образованный внешней силой «порядок» приводится «внутренней» причиной (движением частиц) к максимально возможному беспорядку, и газ снова приходит в равновесное состояние.

Так на протяжении изучения нескольких тем формируется представление о том, что система, состоящая из хаотически движущихся частиц, предоставленная сама себе, приходит в равновесное состояние, характеризующееся выравниванием всяких неоднородностей, максимальным беспорядком в расположении частиц.

Понятие равновесия развиваем также при изучении силы тяжести, условия равновесия рычага, связывая его с понятием симметрии в живой природе, которое в это время рассматривается в курсе биологии. Можно указать, что в процессе эволюции живые существа приспосабливаются к действию силы тяжести. Так, животные, передвигающиеся по поверхности земли, т. е. в горизонтальной плоскости, приобрели «зеркальную симметрию»: силы тяжести, действующие на их одноименные части тела, в спокойном состоянии уравнивают друг друга, благодаря этому животному легко передвигаться в поисках пищи или спасаясь от врагов. Для организмов, которые ведут оседлый или малоподвижный образ жизни, безразлично любое направление в горизонтальной плоскости — они имеют «поворотную» симметрию (гидры, морские звезды, многие цветки), обеспечивающую им равновесие в соответствии с их образом жизни.

Первое представление о минимальной потенциальной энергии тела в состоянии устойчивого равновесия даем на конкретных примерах (упавший камень, текущая к морю река и др.).

Таким образом, создаем в VII классе почву для восприятия фундаментальных законов природы и естественнонаучных идей. Особо важную роль в этом играют обобщающие уроки и интегративные дни. Следует привлечь к ним внимание семиклассников, сделать их праздничными и по возможности желанными для всех. В дальнейшем чувство приподнятости, возникающее при выделении наиболее ценных знаний из полученных, будет способствовать успеху и тех уроков обобщения, которые будут не столь торжественными и без элементов занимательности.

Первый текущий интегративный день посвящается теме «Первоначальные сведения о строении вещества». Ее содержание позволяет доступным для семиклассников образом выделить главные сведения, показать, что ценность знания определяется его объясняющей способностью. В данной теме наиболее ценные знания — это основные положения о строении вещества: они объясняют физические и биологические явления в географической оболочке Земли. Далее ученики уже сами определяют, что второе место по ценности зани-

мают знания о движении и взаимодействии молекул. Содержание темы позволяет показать, что разделить знания о природе на физические, биологические и другие можно только условно.

Готовимся к этому «дню» совместно с учителями биологии и физической географии (они предлагают свой материал, связанный с идеей дискретности вещества). За неделю до него объявляем, что на уроках будут рассматриваться такие вопросы:

1. Какие известны основные положения о строении вещества? Какие физические, биологические, географические явления можно объяснить с их помощью?

2. Какие явления неживой и живой природы объясняются на основе знаний о хаотическом движении частиц вещества? (Привести 2—3 примера.) Как в них проявляется направленность процессов?

3. Какие явления живой и неживой природы можно объяснить, используя знания о взаимодействии частиц вещества?

4. Какие знания вы считаете в данной теме самыми главными и почему?

5. Как с главными знаниями связаны остальные?

6. Какие знания вам показались в данной теме самыми интересными? Почему?

Учащимся объявляется, что на обобщающих уроках будут присутствовать учителя биологии, географии. За объяснение биологических и географических явлений будут выставляться отметки по соответствующим предметам, так что за ответ на один вопрос (и за дополнения, уточнения ответов), за постановку вопросов учащимся можно будет получить 3 оценки.

Интегративный день можно проводить как для одного класса, так и для параллельных классов на спаренном (предпоследнем и последнем) уроке в актовом зале. Все учителя помогают учащимся к нему подготовиться, повторяют материал зоологии, ботаники, который можно использовать (дыхание и питание растений, простейших живых организмов), физической географии (круговорот воды, холодные и теплые течения, соленость воды в озерах, таяние ледников, айсбергов и др.), советуют прочесть об интересных фактах, примерах в научно-популярной литературе. Помогают определить и самые «интересные знания», которые могут не совпадать с самыми главными. Ребятам, которые любят танцевать, подсказываем, как можно интересно и наглядно представить некоторые явления, например, в форме танца показать, как происходит отвердевание и образование кри-

сталла. (Под быструю музыку четверо ребят танцуют независимо друг от друга, затем темп все более замедляется, а ребята, приближаясь друг к другу, выполняют взаимосвязанные движения и в конце концов, взявшись за руки, образуют «четырёхвершинную кристаллическую решетку».) Любителей делать слайды ориентируем на изготовление «фотографий», иллюстрирующих взаимодействие молекул: капель росы на листьях, изготовленных из металла красивых вещей и т. д. Любителям поэзии, научно-фантастической литературы подсказываем, чтобы они попытались написать фантастический рассказ (можно в стихотворной форме) «Мир через минуту после прекращения хаотического движения частиц вещества».

Куда достигнет взгляд — все бесконечный лед.
Ни звука. Ни огня. Ни ветра. Ни растений.
В скалистых берегах не свежесть чистых вод,
А пыль. Густая пыль извечных запустений...—

вот таким предстал бы мир, если бы прекратилось хаотическое движение молекул...

А кому-то можно намекнуть на диффузию: «Диффузия... Без нее невозможно дышать, без нее умрешь от голода, съев самую вкусную и калорийную пищу». И показать ее можно прекрасно как «рок-балет» в трех частях — «Диффузия в газах, жидкостях, твердых телах». Соберите группу в шестнадцать — двадцать девочек — всем найдется возможность участвовать в этом физическом «спектакле».

Конечно, после такой подсказки надо помочь ребятам подготовить танцы, сказки, песни, слайды и т. д. Проведение первых двух-трех интегративных дней требует большого душевного и физического напряжения, затраты энергии, но и здесь действует закон сохранения и превращения энергии: в дальнейшем у вас окажутся инициативные помощники, причем самые неожиданные (как, например, один из трудных учеников, принесший найденный на чердаке старый медный ударник для оркестра, чтобы подготовить «опыт» для будущего обобщающего урока), и затраченная энергия начнет возвращаться.

После обсуждения всех объявленных вопросов, после того как каждая группа докажет танцем, сказкой, стихом, почему она считает то или иное знание интересным, не останется ни одного ученика (это можно сказать с уверенностью), который не знал бы основных и подчиненных им знаний в теме, не представлял, как плавятся кристаллы или как происходит диффузия. В конце занятия учитель делает выводы, в которых подчеркивает, что основным знанием в данной теме являются положения о строении вещества,

так как они позволяют объяснить наибольшее по сравнению с другими сведениями количество явлений неживой и живой природы, показывает, как на их основе построить структурно-логическую схему темы. Далее учитель предлагает для наиболее важных знаний о природе открыть «банк идей», в который на протяжении обучения в школе будут «складываться» наиболее ценные сведения о природе. (Выражением «банк идей», известным учащимся, вводится в употребление на уроках естествознания термин «идея», имеющий такой смысл: «самое главное, обладающее наибольшей объясняющей способностью знание».) Первой в этом «банке» будет идея дискретности вещества, являющаяся обобщением знаний, заключенных в основных положениях о строении вещества.

Затем учитель зачитывает оценки, поставленные ученикам, принявшим участие в обсуждении вопросов, объявляет, что все остальные участники занятия получают за изученную тему «зачет», поздравляет учащихся с открытием очень ценной научной идеи и желает им успехов в выделении главного знания при изучении следующей темы («Взаимодействие тел»).

Однако самостоятельно семиклассники этого не сделают, им надо в процессе изучения темы помочь вопросами, т. е. приступить к подготовке обобщающего урока по теме «Взаимодействие тел» с начала ее изложения. Например, после рассмотрения инерции задается вопрос: «Как доказать, что знания об инерции можно отнести к главным знаниям темы?» Аналогичные вопросы ставятся при изучении взаимодействия, массы, силы. При этом важно побуждать учащихся подбирать иллюстрации к СЛС, которую они должны самостоятельно подготовить к обобщающему уроку. Богатый иллюстративный материал может быть собран по вопросу «Какая сила наиболее распространена в природе?» и др. Учитель направляет поиски ребят в мир живой природы: на иллюстрациях к проявлению силы упругости они изображают стволы различных растений, зубы животных, скелеты; к проявлению силы трения — конечности различных животных, семена растений и пр. [22].

Поскольку сделать хорошую иллюстрацию к СЛС может не каждый ученик (надо хорошо рисовать), лучше, чтобы они работали в группах, имеющих в своем составе «художника», «физика» (подбирает материал из области физики), «биолога», «географа», «техника», обозревателя научно-популярных журналов (их может быть несколько), а также руководителя группы, распределяющего обязанности и оценивающего долю участия каждого в коллективном труде

по выполнению СЛС. На обобщающем уроке организуется выставка СЛС, их конкурс с защитой представленных работ. И снова, как и на предыдущем уроке, должны быть победители без побежденных: все должны получить «зачет» по теме обобщающего урока.

На обобщающем уроке «Взаимодействие тел» в «банк идей» откладывается идея сохранения как вывод по выделению ценных знаний об инертности (свойстве тела сохранять состояние равномерного прямолинейного движения или покоя) и массе тела (ее свойстве сохраняться при различных превращениях как следствии сохранения при этом числа молекул и их массы).

Аналогично на обобщающем уроке по теме «Давление твердых тел, жидкостей и газов» в «банк идей» включается идея о направленности процессов в системах, состоящих из огромного количества хаотически движущихся частиц. При этом сначала подводим учащихся к выводу, что наиболее ценным знанием в теме является закон Паскаля: он объясняет свойство сообщающихся сосудов, действие архимедовой силы, работу машин и механизмов. Здесь же даем представление об иерархичности законов природы, их соподчинении, неодинаковой значимости, определяемой их разной объясняющей способностью. Поясняем закон Паскаля как проявление идеи дискретности и идеи направленности природных процессов, т. е. его подчиненность этим идеям. Говорим о том, что идеи как наиболее общие знания о природе применяются при объяснении законов, явлений не по отдельности, а во взаимосвязи — это обусловлено тем, что все в природе взаимосвязано.

На обобщающем уроке по последней теме курса «Работа и мощность. Энергия» идеи направленности процессов и сохранения пополняются новым содержанием. Первая распространяется на поведение тел в поле сил тяжести. (Здесь используем иллюстрации к проявлению силы тяжести в природе, но иначе их интерпретируем — с точки зрения минимума энергии тел в устойчивом состоянии.) Вторая пополняется представлением о сохранении и взаимопревращении энергии. Иллюстрацией к ее проявлению могут быть результаты исследовательских заданий, которые выполняются учениками или группами учащихся в учебных мастерских. Например: «Определите, при каком выступе ножа рубанка — 0,2 мм или 1 мм — выполняется большая работа при обработке заготовок для ножек табуретки», «Найдите силу трения между гвоздем и доской при выдергивании его гвоздодером», «Определите давление кусачек на металл при отделении от него заготовки» и т. п. Во всех

этих заданиях измеряется сила; ее можно измерить самодельным динамометром, изготовленным из старого велосипедного насоса или неисправного насоса Шинца. Градуировка прибора при помощи ручного силомера. Как за изготовление прибора, так и за выполнение задания оценка ставится совместно учителями физики и трудового обучения.

Каждая из приведенных выше задач интересна и сама по себе; например, семиклассники очень удивляются, когда узнают, что сила трения между гвоздем и доской почти в 70 раз больше, чем сила, прикладываемая к гвоздодеру. Не менее интересно им додуматься, что плотником, обрабатывающим заготовку сначала с большим выступом ножа рубанка, а потом с меньшим, руководит идея сохранения своей собственной энергии — ведь работа выполняется за ее счет. И тот, кто придумывал такой простой и удобный прибор, как гвоздодер, также использовал эту идею: в работе выигрыша этот прибор не дает, только в силе.

Подготовка учащихся к заключительному интегративному дню начинается за 2—3 недели до него. Учителя физики, биологии, физической географии помогают семиклассникам повторить изученный материал, при помощи СЛС выделить главные и подчиненные им знания. Учащиеся готовят схемы «образов природы», объяснительные записки к ним; при этом пользуются консультациями учителей, под руководством которых формируется «образ». За 2—3 дня до итогового занятия учащимся можно объявить вопросы, которые будут на нем обсуждаться. Они могут быть примерно такого содержания:

1. Какие явления, изученные в курсе физики, биологии, физической географии, можно объяснить при помощи основных положений о строении вещества? Почему идею дискретности (делимости) вещества можно назвать одной из главных идей наук о природе?

2. Почему массу и инертность можно назвать основными свойствами тел? Как они связаны между собой? Приведите примеры проявления инерции в природе и технике.

3. Почему понятие об энергии и ее взаимопревращениях можно считать одним из основных знаний курса физики? Что общего в сведениях о взаимопревращениях энергии и массы тел?

4. Как знания о взаимодействии и движении молекул связаны со знанием о направленности процессов в природе? Приведите примеры из области неживой и живой природы.

5. Какие взаимодействия, происходящие в окружающем мире, вы можете назвать? В виде каких сил они проявляются в неживой и живой природе?

6. С какими общими научными идеями вы познакомились при изучении природы в VII классе? Можно ли представление о периодичности процессов в природе считать таким же общим для всех предметов знанием, как другие общие естественнонаучные идеи?

Вопросы можно составить и так, чтобы они не только носили контролирующий характер, но и содержали некоторую информацию об историческом происхождении научных идей. Например:

1. Идея делимости (дискретности) вещества — одна из древнейших научных идей. Еще древнегреческий философ Анаксагор, живший более 2000 лет тому назад, выдвинул гипотезу о дискретности вещества. Он учил: «Кости состоят из маленьких косточек, внутренние органы — из таких же внутренних органов, кровь — из большого количества капелек крови, золото — из кусочков золота, земля — из мелких земель, огонь — из огней, влага — из влаг, подобным же образом и все остальное».

В чем вы видите развитие идеи дискретности в наше время по сравнению со временем Анаксагора?

2. Какие есть основания утверждать, что идея дискретности вещества — одна из важнейших общих для всех наук о природе идей? (Докажите на примерах из области неживой и живой природы.)

3. Философ древности Эмпедокл, живший более 2000 лет тому назад, на основе атомистических представлений пришел к пониманию сохранения вещества. Он писал: «Сумасшедшие считают, что может возникнуть что-то, чего никогда не было, или исчезнуть без следа что-то существующее. Я постараюсь открыть вам истину. В природе нет возникновения того, что может умереть: нет полного уничтожения; ничего, кроме смешивания и разделения соединенного. Только неучи называют это рождением и смертью».

Как вы докажете сохранение массы вещества тел окружающей природы? Приведите примеры процессов, в которых масса вещества сохраняется.

4. Как круговорот воды в природе связан с идеей сохранения? Какие периодические явления в природе можете еще назвать?

5. Охватывает ли идея сохранения знания об условиях равновесия рычага? Как действие силы тяжести отразилось на строении тел живых организмов в процессе их эволюции?

6. Какой закон можно считать главным в разделе «Давление жидкостей и газов»? На основе какой идеи можно его объяснить?

7. Мудрец древности Эпикур учил, что «задача исследо-

вания природы есть исследование главных причин вещей и именно в этом состоит блаженство познания природы... Простое повествование о восходах и закатах... не имеет никакого отношения к блаженству знания...»

Какие знания о природе, полученные в VII классе, вы считаете самыми главными и почему?

3. ФОРМИРОВАНИЕ ЕНМП УЧАЩИХСЯ VIII КЛАССА

Восьмиклассники имеют более развитое абстрактное мышление по сравнению с семиклассниками, они владеют навыками выделения главного в изучаемом материале и участия в обобщающих межпредметных уроках; у них выше уровень математической подготовки, есть вынесенное из VII класса представление об обобщенных естественнонаучных идеях, их объясняющей способности. С учетом этого меняется методика изучения общих законов. Если в VII классе они функционировали в индуктивном объяснении явлений в роли общих принципов подхода к такому объяснению, то в VIII классе они получают статус законов и в этой роли выступают как ведущее звено при объяснении нового материала, при уяснении структуры темы, генерализации содержания, установлении межпредметных связей, решении задач с применением математического аппарата, при структурировании содержания всего курса.

Формирование ЕНМ начинается в VIII классе с первого урока. При изучении теплового движения раскрываем его сущность как движения материи, определяющего направленность процессов в окружающем мире. С этой целью в ориентировочную основу действий учащихся при освоении понятия о тепловом движении включаем следующие вопросы: какое движение называют механическим? Какое движение можно назвать тепловым? Каково определение теплового движения? Почему тепловое движение можно назвать видом движения материи? Какова роль теплового движения в направленности процессов природы? Знакомые учащимся из VII класса явления рассматриваются под новым углом зрения. Раньше агрегатные превращения вещества, круговорот воды в природе, процессы питания и дыхания организмов рассматривались в связи с хаотическим движением частиц. Теперь внимание переносится на зависимости этих процессов от температуры, от теплоты, поглощаемой или теряемой телом. По-новому рассматривается и направленность процессов в природе. Подчеркивается тот факт, что тепловые явления сопровождаются увеличением беспорядка в расположении и движении частиц вещества.

При конкретизации понятия о тепловом движении привлекается материал из курсов химии и биологии; например, обсуждаются вопросы: как тепловое движение проявляется в химических реакциях? Как главные черты теплового движения — его хаотичность и зависимость скорости от температуры — проявляются в процессах жизнедеятельности? Обсуждая первый вопрос, ученики приходят к выводу, что химические реакции возможны благодаря бесконечному хаотическому движению частиц, иначе последние не могли бы сталкиваться и реагировать. Всякая химическая реакция сопровождается поглощением или выделением теплоты, так как изменяются химические связи, что приводит к изменению потенциальной энергии частиц. Тепловые эффекты являются признаком теплового движения, изменения скорости хаотического движения частиц вещества. (Этот вывод будет использован далее при объяснении изменения внутренней энергии.) Обсуждая второй вопрос, ученики вспоминают виденный в VII классе опыт с морковкой, помещаемой то в холодную, то в подогретую воду, березы, растущие на солнечном пригорке и в ложбине, проявление направленности процессов (движения частиц вещества) в явлении всасывания воды растением. Теперь эти знакомые явления пересматриваются: хаотическое движение квалифицируется как тепловое, выясняется его обусловленность температурой тела. Общие законы выступают связующим звеном, позволяющим с разных сторон рассматривать одно и то же явление. Такой подход исключительно важен, не случайно еще А. Дистервег говорил, что больше пользы от рассмотрения одного предмета с десяти сторон, чем десяти различных предметов с одной стороны.

В теме «Тепловые явления» все изучаемые понятия связаны между собой (одни более, другие менее) на основе законов сохранения энергии и массы, а также направленности природных процессов. Так что ввод их в ориентировочную основу действий школьников при осмыслении нового материала как элемента системы знаний может быть алгоритмизирован: последний пункт плана изучения нового материала на всех уроках может звучать как вариации требования «Объясните понятие (явление) с помощью общих законов природы». Но для этого надо, чтобы закон сохранения массы вещества и закон сохранения и превращения энергии изучались как можно раньше. Сейчас последний закон дается в конце рассматриваемой темы. В этом есть резон — он выступает как обобщение всех изученных явлений, но есть и недостаток — около 20 уроков, где он мог бы выступать в качестве обоснования выводов, проходят без него. Считаем,

что первое представление о нем следует дать при раскрытии вопроса об изменении внутренней энергии, а при рассмотрении превращения энергии в механических и тепловых процессах возвратиться к нему еще раз, уже с большим запасом эмпирических сведений. Целесообразность такого подхода обусловлена тем, что изменение и взаимопревращение кинетической и потенциальной энергии восьмиклассникам уже знакомы, у них сформировано начальное представление о сохранении как энергии, так и массы вещества.

Закон сохранения массы вещества в курсе химии также можно давать раньше, чем это предусмотрено ныне действующей программой — после изучения молекулярного, атомистического строения вещества. Необходимость такого изменения диктуется следующим. До изучения на уроках химии он фактически используется в курсе физики при решении задач на составление уравнения теплового баланса. Зачем же приучать ребят к необоснованности, «незаконности» действий, если можно их обосновать и «узаконить»? Это тем более необходимо сделать, что в дальнейшем программой по физике не планируется решение подобных задач.

Другой аспект введения общих законов природы в ориентировочную основу действий школьников — использование их при обосновании и систематизации получаемых знаний. Целесообразнее всего делать это на тех уроках, которые посвящены изучению узловых понятий, например изменения внутренней энергии, количества теплоты, удельной теплоемкости вещества, удельной теплоты плавления и парообразования, объяснения агрегатных состояний вещества и др. (Остальные понятия можно включить в сферу действия общих законов при рассмотрении названных.)

Так, при изучении способов изменения внутренней энергии придерживаемся такой последовательности раскрытия понятия внутренней энергии, задавая ученикам вопросы:

1. Какие виды энергии вам известны?
2. Какую энергию называют внутренней?
3. Какими способами можно ее изменить?
4. Какие при этом происходят взаимопревращения энергии?
5. Как в явлениях, при которых изменяется внутренняя энергия, проявляются законы сохранения? направленность процессов?

Первый вопрос заставляет учащихся вспомнить о кинетической и потенциальной энергии, их взаимопревращении. При этом учитель акцентирует внимание на сохранении энергии в изолированной системе тел. В процессе обсуждения второго вопроса учащиеся делают вывод о том, что внут-

решения энергия состоит из суммы кинетической и потенциальной энергий молекул (атомов) тела. (Активизировать обсуждение помогает традиционный опыт с пробиркой, из которой при нагревании в ней воды вылетает пробка.) Третий и четвертый вопросы разбираем, используя самодельный прибор, представляющий собой полый металлический цилиндр (объем его примерно такой, как у внешнего сосуда школьного калориметра), закрытый пробкой, в которую вставлена тонкая изогнутая трубочка (в ее горизонтальной части находится капля подкрашенной жидкости). Если к цилиндру притронуться рукой, потереть его шнурком или опустить в полость пробирку, в которой идет экзотермическая химическая реакция, то капля в трубочке сместится, демонстрируя расширение воздуха в цилиндре вследствие изменения его внутренней энергии. Трубочку можно прикрепить к линейке и в условных единицах измерять изменение внутренней энергии при теплопередаче, работе или химической реакции. Этот безотказный и легко изготавливаемый прибор помогает учащимся хорошо усвоить способы изменения внутренней энергии, а его показания (в условных единицах) позволяют сделать вывод о возможности количественной оценки изменений энергии при взаимопревращении ее видов.

При обсуждении последнего (пятого) вопроса приводим примеры различных процессов изменения внутренней энергии, «сортируя» их по направленности, например:

кристаллизация,
конденсация,
сгорание топлива,
химические реакции,
протекающие с выделением
теплоты (окисление пита-
тельных веществ и др.)

плавление,
парообразование,
химические реакции, проте-
кающие с поглощением теп-
лоты (реакции разложе-
ния и др.)

Далее, вспомнив с учащимися содержание понятия о направленности природных процессов, привлекаем их внимание к рассмотренным явлениям и предлагаем ответить на вопрос: «В чем их сходство и различие?» Ученики приходят к выводу, что сходство всех этих явлений в подчинении общим законам: направленности процессов, сохранения энергии и массы. Различие их состоит в том, что в перечисленных в первой колонке процессах в большой мере осуществляется переход частиц вещества в состояние с минимумом потенциальной энергии, а в процессах, названных во второй колонке, проявляется переход частиц вещества в состояние большего по сравнению с предыдущим беспорядка в рас-

положении частиц. Каждому процессу «упорядочения» частиц в природе противостоит противоположный процесс. Единство и борьба двух направлений протекания процессов обуславливают многообразие явлений в природе. Истоки направленности природных процессов в хаотичности движения частиц вещества и их взаимодействии. Так, на этом уроке мы определяем общий метод подхода к объяснению изучаемых явлений. Учащиеся самостоятельно смогут ответить на вопросы типа: «Как в явлениях испарения и конденсации проявляется взаимопревращение и сохранение энергии, сохранение массы вещества, направленность процессов?»

При помощи общих законов включаются в единую систему и явления, рассматриваемые в задачах; например, при изучении парообразования решаем задачу, составленную по рассказу Э. Сетон-Томпсона «По следам оленя»: «Часка научил Яна определять направление ветра, подняв смоченный слюной палец вверх, и Ян при этом невольно подумал: «Теперь я знаю, почему у оленя нос всегда влажный». Какими общими законами природы пользуются и олень, и человек для определения направления ветра?» На первый взгляд привлечение общих законов природы к решению такой задачи неуместно, но, поставив такой вопрос, мы преследуем цель не только выявить взаимосвязи живой и неживой природы, но и рассмотреть испарение с точки зрения закона сохранения энергии. Мы надеемся вызвать у учащихся мысль, что человек, олень и другие «братья наши меньшие» живут по единым законам природы. Надо уметь не только пользоваться ими, но и подчиняться им.

В таком аспекте можно использовать многие задачи, которые являются «ареной действия» общих законов и одновременно возбуждают чувство преклонения перед природой, несовместимое с желанием покорить ее, подогнать ее законы под свои нужды и расчеты. Вот два примера подобных задач:

1. Вычислите, на сколько повысилась бы температура вашего тела от чашки выпитого чая, если бы изменение внутренней энергии чая было равно изменению внутренней энергии вашего тела. Температуру чая считайте равной 70°C , массу — 200 г, удельную теплоемкость своего тела можете принять равной удельной теплоемкости воды (известно, что клетки молодых организмов на 80—90% состоят из воды). Представьте себе, что теплоемкость вашего тела стала такой же, как и теплоемкость соответствующей массы золота. На сколько градусов изменилась бы температура вашего тела от чашки выпитого чая в этом случае? Какие основные

законы помогли вам понять, что «золотым» человеком быть невыгодно, и позволили оценить роль воды в живой природе, сделать вывод о необходимости беречь ее?

2. Известно, что при тяжелой физической работе за 10 ч организм человека выделяет около 10 л пота. Какое количество теплоты отдает его тело при испарении этого пота (удельная теплота парообразования пота $24,36 \cdot 10^6$ Дж/кг)? На сколько градусов нагрелась бы вода, масса которой равна массе человека, при сообщении ей такого количества теплоты? Какими общими идеями вы пользовались при решении этой задачи? Помогут ли они вам выработать отношение к моде, рекламирующей синтетические ткани, резиновую или пластмассовую обувь?

Решив первую задачу, учащиеся видят, что температура тела человека изменяется от приема пищи мало (на десятые доли градуса), так как благодаря наличию в нем воды оно обладает большой теплоемкостью. «Золотой» человек вообще не смог бы существовать — изменение температуры тела на $8-10^\circ\text{C}$ организм перенести не может. Ответ второй задачи (167°C) также заставляет учащихся задуматься над ролью парообразования в регуляции температуры тела человека, оценить свойства воды и свое поведение в сохранении собственного здоровья.

Думаю, что задачи, особенно в младших классах, должны нести не только учебную нагрузку, но и воспитывать, формировать чувства. Общение с природой, которая учит и воспитывает в соответствии со своими законами всякое живое существо, детям фактически заменено изучением естествознания. Эта замена должна быть адекватной. Учащимся нужно постигать природу через изучение ее законов, в том числе и через задачи. Поэтому задачники должны рецензироваться дидактами и психологами.

Ниже (в таблице 7) приведена система вопросов, которая поможет учителю установить единство изучаемых в разделе «Тепловые явления» понятий (вопросы предназначены для дедуктивного и индуктивного объяснения явлений с применением общих законов).

Остановимся на содержании некоторых выводов, которые учащиеся делают при объяснении изучаемых явлений. Например, при усвоении понятия «теплота сгорания топлива» ученики рассматривают, почему реакция окисления — энергетически выгодный процесс. Обдумывая этот вопрос, они с помощью учителя приходят к выводу, что при соединении атомов в молекулу уменьшается энергия их взаимодействия, уменьшается и внутренняя энергия реагирующего вещества. Перестройка химических связей в молекулах различных

Таблица 7

Учебный материал раздела	Вопросы	
	для дедуктивного объяснения	для индуктивного объяснения при закреплении материала
Виды теплопередачи	Как при каждом виде теплопередачи проявляется направленность процессов в природе? взаимопревращение энергии?	Почему перед заморозком рассаду обильно поливают? Каковы функции перьевого или шерстяного покрова у теплокровных животных и птиц?
Удельная теплоемкость вещества	Как объяснить стабильность удельных теплоемкостей вещества на основе законов сохранения энергии и массы вещества?	Почему в воде холодно при 25 °С, а в воздухе не холодно и при 20 °С? Какое значение для живой природы имеет большая удельная теплоемкость воды?
Теплота сгорания топлива	В чем проявляется взаимопревращение и сохранение энергии (и направленность процессов в природе) при сгорании топлива?	Почему при сгорании 1 кг бензина и 1 кг угля выделяется разное количество теплоты? В чем сходство и различие процессов выделения энергии при сгорании топлива и окислении питательных веществ в организме?
Агрегатные превращения вещества	Как в процессах плавления и отвердевания, испарения и конденсации проявляется действие общих законов (сохранения массы вещества, энергии, направленности процессов в природе)?	Почему дождь охлаждает воздух? Почему в прорезиненной одежде трудно переносить жару? Почему сильная жара труднее переносится в болотистой местности, чем в сухой?
Удельная теплота плавления (парообразования)	Как в равенстве удельной теплоты плавления (парообразования) и кристаллизации (конденсации) проявляются законы сохранения массы вещества, энергии?	Каково значение для живой природы того факта, что вода обладает большой удельной теплотой плавления и парообразования?
Объяснение изменений агрегатных состояний вещества	Как объяснить агрегатные превращения вещества, исходя из соотношения кинетической и потенциальной энергии его молекул? Как в изменении агрегатного состояния вещества проявляются на-	Почему алмаз прочнее графита?

Учебный материал раздела	Вопросы	
	для дедуктивного объяснения	для индуктивного объяснения при закреплении материала
Двигатель внутреннего сгорания	<p>правленность природных процессов и законы сохранения массы вещества и энергии?</p> <p>Как в работе ДВС проявляются закон сохранения и превращения энергии и направленность процессов?</p>	

веществ в процессе горения происходит по-разному, поэтому и теплота сгорания разных видов топлива различна.

Равенство удельной теплоты плавления вещества удельной теплоте его кристаллизации (а также удельной теплоты парообразования удельной теплоте конденсации) и постоянство удельной теплоемкости вещества объясняются исходя из того, что при изменении температуры и агрегатных превращениях вещества масса каждой его частицы остается неизменной; следовательно, число частиц в 1 кг постоянно. Поскольку при изменении температуры тела на 1°C (или при агрегатном превращении вещества) энергия каждой частицы изменяется на одну и ту же величину, изменение энергии всех частиц, составляющих 1 кг массы вещества, постоянно.

На уроке, посвященном объяснению агрегатных состояний вещества, обобщаем знания учащихся о микромеханизме агрегатных превращений и энергетической стороне этих процессов. Ученики в результате поставленных перед ними вопросов приходят к выводу, что агрегатное состояние вещества зависит от соотношения потенциальной и кинетической энергий его молекул: при $E_p \gg E_k$ вещество находится в твердом состоянии; при $E_p \approx E_k$ — в жидком; при $E_p \ll E_k$ — в газообразном. Подчеркиваем, что потенциальная энергия притяжения имеет отрицательное значение. Если понимание этого факта вызывает трудности, напоминаем сведения из курса VII класса о том, что потенциальная энергия тела тем больше, чем выше оно находится над землей, причем нулевым значением потенциальной энергии считается то, которое она приобретает в бесконечности, где притяжение Земли практически отсутствует, т. е. с подъемом тела она увеличивается до нуля. Значит, другие ее значения отрицательны.

Покажем на примере фрагмента урока по теме «Изменение и взаимопревращение энергии», как учащиеся приводят к планируемым выводам путем диалога с учителем.

Учитель. Где вы наблюдали превращение механической энергии во внутреннюю в своей деятельности?

Первый ученик. Когда в учебных мастерских опиливали деталь напильником или сверлили в ней отверстие, напильник, сверло и обрабатываемая деталь нагревались.

Учитель. Какие превращения энергии происходят при получении отверстия на сверлильном станке?

Первый ученик. Станок работает благодаря электрическому току. Значит, энергия электрического тока превращается в энергию механического движения сверла, а та — во внутреннюю энергию детали, сверла, окружающей среды.

Учитель. Может ли вся энергия электрического тока превратиться в механическую энергию сверла?

Второй ученик. Нет, часть ее идет на нагревание проводов.

Учитель. Любые превращения энергии в телах сопровождаются переходом части ее во внутреннюю энергию. Это закон природы, который определяет направленность процессов в окружающем мире: при всяком реальном процессе происходит увеличение беспорядка в движении частиц вещества, что проявляется в тепловых эффектах (увеличении внутренней энергии). Какие еще можно привести примеры, свидетельствующие о проявлении закона превращения и сохранения энергии?

Третий ученик. Этот закон действует во всех явлениях, которые рассматривались на предыдущих уроках.

Учитель. Назовите, пожалуйста, те из них, которые можно объяснить на основе закона превращения и сохранения энергии.

Третий ученик. Агрегатные превращения вещества, все химические реакции, круговорот воды в природе, излучение теплоты Солнцем и горящим костром. Еще становится жарко, когда не выходит задача. Только я не умею объяснить, почему так получается.

Учитель. А кто возьмется объяснить это явление?

Четвертый ученик. Думаю так. При решении трудной задачи мозг потребляет много энергии. Эта энергия образуется в организме за счет окисления питательных веществ, но не вся она используется для процессов мышления. Закон о направленности процессов, т. е. о выделении внутренней энергии при всяком превращении энергии, действует и в организме человека. Значит, часть энергии, выделяющейся при окислении питательных веществ, идет на нагревание

тела человека, который решает задачу. И чем больше энергии затрачивается при этом, тем становится жарче.

Учитель. Ход мыслей у тебя правильный. Человек, решающий задачу, подчиняется общим законам природы, как и другие ее объекты. Более детально на этот вопрос вы сможете ответить в X классе.

Итак, общие законы помогают нам понять многие явления не только неживой, но и живой природы. К ним следует обращаться постоянно. Но как выделить их из всех изучаемых в школе законов?

Пятый ученик. Давайте назовем их «главнокомандующими» законами.

Учитель. Постарайтесь, пожалуйста, вспомнить, какие законы вам известны.

Ученики. Закон Архимеда, закон Паскаля, закон сообщающихся сосудов...

Учитель. Можно ли объясняющую способность какого-либо из этих законов считать столь же высокой, как закона превращения и сохранения энергии?

Шестой ученик. Нет, эти законы объясняют только физические явления; их нельзя применить для объяснения явлений живой природы. Да и химические реакции им не подчиняются.

Седьмой ученик. Думаю, что ни один из названных законов приравнять к закону сохранения и превращения энергии нельзя. Они объясняют только узкий круг явлений в жидкостях и газах; их можно назвать законами гидроаэростатики. Рядом с законом превращения и сохранения энергии по широте проявлений можно поставить закон сохранения массы вещества и закон о направленности природных процессов. При объяснении явлений они всегда применяются вместе.

Учитель. Мы пришли к выводу, что законы превращения и сохранения энергии, сохранения массы вещества, законы о минимуме потенциальной энергии и о возрастании хаотичности движения обладают большой объясняющей способностью, действуют в неживой и живой природе. Поскольку к ним обращаемся при объяснении самых различных явлений и других законов, будем называть их основными законами природы. Они служат базой объяснения наших знаний о природе. В дальнейшем в их число мы включим еще некоторые законы, обладающие большой объясняющей способностью. Но если окажется, что какой-то названный нами основным закон подчиняется более общему закону, то его надо будет переименовать.

Последнее замечание учителя служит началом формиро-

вания представлений школьников о том, что в человеческом познании нет конечных истин. На этом же уроке учитель объявляет учащимся о предстоящем интегративном дне, сообщает его тему, предлагает вопросы для подготовки и объясняет условия успешного зачета по обобщению темы. (Можно, как и в VII классе, в процесс подготовки к интегративному дню включить элементы игры, но они не должны уводить ребят из русла серьезной работы.) Приводим в качестве примера диалог, в ходе которого учитель дает ученикам задания для обобщающего занятия.

Учитель. Поскольку у нас появилось такое ценное знание, как основные законы природы, надо положить его в «банк идей» — с VII класса мы там не были. Думаю, что прежде, чем знания об основных законах природы попадут в «банк идей», надо завести на них «личное дело». По каким параметрам будем составлять «личное дело» закона?

Ученики

1. Имя закона.
2. Время рождения.
3. Происхождение.
4. Место жительства.
5. Семейное положение.
6. Фотография закона.

Учитель

1. Содержание закона, его формулировка.
2. История открытия закона.
3. Идеи, с которыми он связан.
4. Сфера действия закона — неживая и живая природа (физика, химия, биология, технический и обслуживающий труд, народные приметы и поверья, научная и художественная литература и т. д.).
5. Связь основного закона с другими законами, общими идеями, главными знаниями по физике, химии, биологии.
6. Схематическое изображение сферы действия закона; слайды, фотографии, репродукции картин, с помощью которых можно показать его проявления.

Учитель. Итак, к интегративному дню вы подготовите следующие вопросы:

1. Содержание закона сохранения и превращения энергии, его применение к объяснению физических явлений, изучаемых в разделе «Тепловые явления», и связанных с ними химических и биологических явлений. Установление

взаимосвязи между этими явлениями на основе закона сохранения и превращения энергии.

2. Содержание закона сохранения массы вещества и его проявление в изучаемых физических, химических и биологических явлениях; установление взаимосвязи между ними с помощью закона сохранения массы вещества.

3. Содержание закона о минимуме потенциальной энергии и его применение для объяснения явлений.

4. Содержание закона о направленности процессов в системах с большим количеством частиц, его применение к объяснению явлений.

5. Главные понятия темы и подчиненные им; взаимосвязь между ними. Содержание главных понятий.

6. Связь основных законов с общими идеями; связь между идеями дискретности и сохранения.

Каждый должен быть готов ответить устно на любой из этих вопросов. К занятию сделаем выставку художественно оформленных СЛС темы «Тепловые явления» и рисунков. Можно представить на нее фотографии («портреты законов»), если в изображенных на них природных процессах вы сможете указать проявление того или иного закона. Лучшие работы будут отмечены призами и показаны на школьной выставке. Если хотите, то возобновите творческие коллективы, в которых вы трудились в VII классе, или организуйте новые — в них найдется дело каждому, интересующемуся физикой, химией, биологией, литературой, любящему рисовать и др.

Ученики. А как же с написанием «личного дела» закона?

Учитель. Если какой-то коллектив представит «личное дело», то получит особую отметку. Имейте в виду, что консультация учителей физики, химии, биологии будет проведена через два дня.

Так педагог включает учащихся при подготовке к обобщающему занятию в работу над генерализацией и структурированием знаний. Опыт показывает, что после нее они гораздо лучше воспринимают структуру учебного материала, чем после объяснения учителя.

На обобщающем занятии предлагаемые учащимися СЛС анализируются и сопоставляются с эталоном, который дается учителем.

Контроль за усвоением учащимися обобщенного материала, его теоретических основ проводим при помощи самостоятельных работ, в которые наряду с традиционными включаем вопросы и задачи, требующие обобщенных знаний. Например, при проверке усвоения понятия об изменении внутренней энергии в каждом варианте самостоятельной

работы предусматриваем ответ на один из подвопросов: «Как на основе знаний об изменении внутренней энергии показать: 1) сходство всех животных? 2) сходство растений? 3) различие в потреблении количества пищи взрослым животным и его детенышем? 4) выделение энергии в реакциях окисления?» Такого рода вопросы не должны вызывать затруднений у школьников в отношении привлечения биологического или химического материала, т. е. они должны касаться лишь самых общих знаний по этим предметам, но требовать объяснения известных ученикам явлений с иной, отличной от биологического или химического подхода стороны. При обдумывании, скажем, вышеприведенных подвопросов ученики приходят к выводу, что энергия, потребляемая при питании животных, получается за счет изменения внутренней энергии пищи, что в процессе фотосинтеза образуются богатые внутренней энергией вещества, в которых аккумулируется энергия Солнца, что у взрослого животного тело состоит из большего числа клеток, чем у детеныша, и каждой клетке необходима энергия, — значит, взрослому животному нужно больше пищи, что при реакциях окисления перестройка химических связей происходит в направлении уменьшения энергии взаимодействия частиц и т. д. Для восьмиклассников эти выводы представляют собой обобщение высокого уровня.

Вопросы для самостоятельной работы учащихся можно формулировать и в более интересной форме. Например, в самостоятельную работу по теме «Объяснение изменений агрегатных состояний вещества» целесообразно включить по одному из таких подвопросов: «Что изменилось бы в окружающем мире, если бы: 1) удельная теплоемкость воды стала сравнимой с удельной теплоемкостью металлов? 2) удельная теплота плавления льда была равна удельной теплоте плавления свинца? 3) удельная теплота парообразования воды стала сравнимой с удельной теплотой парообразования эфира?» Это стимулирует ребят фантазировать, размышлять. Они начинают представлять себе, как в случае указанных изменений мигом таяли бы снега, снося посевы с полей, а оставшиеся растения погибали бы, не успев напитаться влагой, как все вокруг было бы окутано туманом и т. д. Для них становятся вполне понятными выводы о том, что жизнь на Земле — «водная», что изменение даже одной ее характеристики привело бы к изменению условий жизни и ее видов. А поскольку изменение какой-либо из названных характеристик воды — это по сути изменение количества превращенной энергии при нагревании, плавлении, парообразовании, в конечном счете закон сохра-

нения и превращения энергии лежит в основе наиболее общих связей в природе.

При изучении раздела «Электрические явления» применяем те же методы, что и ранее. Прежде всего определяем в его содержании вопросы, помогающие выявить внутреннее единство изучаемых в нем понятий. Главная роль здесь принадлежит закону сохранения электрического заряда. Поэтому выделяем вопросы, включающие этот закон, в ориентировочную основу действий при осмысливании рассматриваемых явлений — они отражены в таблице 8. К каким же теоретическим обобщениям можно привести учащихся в процессе обсуждения некоторых из приведенных в ней вопросов?

Согласно действующим ныне учебнику и программе, обращать внимание учащихся на энергетическую сторону взаимодействия электрических зарядов не требуется. Однако это необходимо для включения новых знаний в единую систему с помощью общих законов природы. И сделать это можно без дополнительного материала — в процессе естественного объяснения явлений. Например, демонстрируя опыты по взаимодействию заряженных тел, разбираем с учащимися вопросы: «Выполняется ли работа при движении заряженных тел?», «За счет какой энергии она выполняется?», «Как изменяется энергия наэлектризованных тел при их взаимодействии?». При этом ученики приходят к выводу, что заряженные тела обладают энергией в форме энергии электрического поля. При их перемещении вследствие взаимодействия выполняется работа; причем энергия взаимодействующих тел принимает минимальное значение — взаимодействие заряженных тел подчиняется закону минимума потенциальной энергии. Уменьшение энергии взаимодействующих зарядов сопровождается также увеличением энергии окружающей среды (превращением в ее внутреннюю энергию). Таким образом, учащиеся делают вывод: взаимодействие зарядов подчиняется закону сохранения энергии и направленности процессов.

Владея этим обобщением, ученики могут понять необходимость наличия напряжения на концах цепи для появления в ней электрического тока. Поскольку электрический ток — это направленное движение зарядов, то, перемещая их, электрическое поле совершает работу. В результате к концам проводника подходят разные по знаку электрические заряды. Одинаковые заряды образоваться здесь не могут, так как это противоречит закону о направленности процессов. Ведь различие зарядов на концах проводника представляет собой определенный их порядок. Сами же по себе заряды будут

Таблица 8

Учебный материал раздела	Вопросы	
	для дедуктивного объяснения	для индуктивного объяснения
Два рода зарядов. Взаимодействие заряженных тел		За счет какой энергии выполняется работа по перемещению заряженных тел при их взаимодействии? Как во взаимодействии заряженных тел проявляется направленность процессов в природе?
Дискретность электрического заряда. Электрон. Строение атома	Как можно доказать, что ни одна заряженная частица не может исчезнуть или появиться из ничего? Как в строении атома проявляется закон сохранения электрического заряда?	Почему масса, заряд, энергия электрона в атоме не меняются при его движении вокруг ядра? Как это связано с условием существования атома?
Электрический ток. Ток в металлах	Имеют ли заряд элементы проводника, по которому течет электрический ток? Создают ли свободные электроны электрический заряд в проводнике?	Как в явлении электрического тока проявляется направленность процессов в природе?
Источники тока	Являются ли источники тока источниками электрических зарядов?	За счет какой энергии работает источник электрического тока?
Электрический ток в растворах электролитов	Как на основе закона сохранения электрического заряда объяснить нейтральность раствора электролита?	Какие превращения происходят с энергией источника тока при прохождении тока через раствор электролита?
Электрическое напряжение	Как поддерживается различие электрических зарядов на концах проводника при прохождении по нему электрического тока?	Как на основе закона сохранения энергии объяснить, что для поддержания электрического тока необходимо напряжение?

двигаться в таком направлении, чтобы возник полный беспорядок — неразличимость электрических зарядов на концах проводника.

Так, опираясь на закон сохранения и превращения энергии и понятие о направленности природных процессов, рас-

крываем содержание понятия электрического напряжения. Учащиеся усваивают, что эта величина характеризует различие электрических зарядов на концах проводника и обуславливает выполнение работы электрическим полем по созданию электрического тока. (В учебнике физики VIII класса напряжение определяется через мощность и силу тока, хотя понятие мощности изучается значительно позже и само вводится через работу тока, т. е. по сути через напряжение.)

У учащихся может возникнуть вопрос: откуда берутся заряды, непрерывно движущиеся в электрической цепи? Обратившись к объяснению действия источника тока на основе закона сохранения электрического заряда, делаем вывод: заряды в цепи не возникают и не исчезают; они только «гонятся» источником тока по цепи, как насосом перекачивается вода по трубам. Вследствие химических реакций в источнике тока положительно и отрицательно заряженные частицы, находящиеся в нейтральных молекулах, разделяются; благодаря этому на концах цепи, подключенной к источнику тока, образуются разные электрические заряды (и соответствующие электрические поля). Подчиняясь закону направленности процессов в природе, разноименные заряды притягиваются и создают направленное движение электрических зарядов — электрический ток.

Поскольку в металлах положительные заряды перемещаться не могут, в движение приходят свободные электроны, которые, сталкиваясь при этом с ионами кристаллической решетки, передают им при взаимодействии энергию. Этот процесс внешне проявляется в наличии у проводников сопротивления, в результате чего энергия направленного движения, сообщаемая электронам источником тока, превращается во внутреннюю энергию проводника. Таким образом, применение основных законов природы к разъяснению содержания понятий, характеризующих электрический ток, объединяет их в единую систему знаний, включающую закон Ома и связанные с ним задачи на расчет электрических цепей.

Теоретическое осмысление школьниками формирования понятий необходимо и само по себе как условие развития их мышления. Но на современном этапе, при компьютеризации учебного процесса такой подход к изучению понятий имеет, кроме того, большой практический интерес. Логические связи, устанавливаемые при помощи основных законов природы, позволяют включать в программу компьютера огромный объем естественнонаучных знаний, решать практические задачи любого уровня сложности. Составление такого рода программ возможно уже в VIII классе.

Покажем это на примере темы «Электрические явления».

Структурно-логическую схему темы (схема 7 на вклейке IX) составляем на основе связей, устанавливаемых при помощи общих законов природы. Это позволяет включить в нее понятия о взаимодействии зарядов, электрическом токе, силе тока, напряжении, сопротивлении, законе Ома, законах последовательного и параллельного соединения проводников. Здесь закон сохранения электрического заряда служит доказательством того, что сила тока при последовательном соединении во всех участках цепи одинакова, а сумма сил токов в параллельном разветвлении равна силе тока в общем участке цепи. Равенство напряжений для всех параллельных участков вытекает из понятия напряжения, как и те факты, что общее напряжение на последовательно соединенных участках цепи равно сумме напряжений на отдельных участках, а работа, выполненная при перемещении единицы заряда по всей цепи, равна сумме работ, выполненных в этом случае на отдельных ее участках.

Чтобы придать учебному процессу естественную целенаправленность, уже в начале изучения темы ставим перед учениками задачу подготовить ее структурно-логическую схему к обобщающему уроку, которым закончится изучение темы. Для облегчения им этой задачи стараемся при любой возможности все изучаемые понятия рассматривать с точки зрения проявления в них общих законов. Поэтому вопросы, требующие только репродуктивного воспроизведения знаний в процессе их закрепления, сводим к минимуму. Например, не спрашиваем: «Как наэлектризовать тело трением (касанием)?», а задаем вопросы в иной форме: «Как объяснить электризацию трением (касанием) с помощью закона сохранения электрического заряда?», «Как проявляется в электризации касанием направленность природных процессов?» и т. п.

На первый взгляд может показаться, что такого рода вопросы несколько отвлечены и как бы «притянуты», поскольку рассматриваемые явления непосредственно связаны с понятием дискретности электрического заряда. Но это не так: в ответах на поставленные вопросы представление о направленности процессов конкретизируется. Так, обдумывая, например, первый вопрос, ученики приходят к выводу, что при касании заряженного и незаряженного тел происходит перераспределение их электронов, причем всегда так, чтобы установился максимально возможный беспорядок в распределении последних.

Вопросы, аналогичные вышеприведенным и касающиеся самых различных явлений, целесообразно включать в само-

стоятельную работу школьников. Это заставит их обдумывать возможность применения знаний об общих законах и приведет к более осмысленному их усвоению. Полезны с этой точки зрения вопросы такого типа: «Как на основе знаний о направленности природных процессов объяснить действие источника тока? закон Ома? существование сопротивления проводника?», «Как, используя закон сохранения и превращения энергии, объяснить нагревание проводника электрическим током?»

Предварительно образцы осмысления изучаемых фактов с точки зрения проявления в них общих законов природы даются на уроках. Приводим показательный в этом отношении фрагмент урока по теме «Строение атома».

Ознакомив учащихся с электронной моделью атома, учитель закрепляет введенное понятие в ходе следующей беседы с учащимися:

Учитель. Почему электроны в атоме должны двигаться вокруг ядра?

Первый ученик. Если электрон в атоме будет неподвижным, то ядро притянет его к себе — у него же бóльшая масса, чем у электрона. А вращаясь, электрон сможет сколько угодно находиться на определенном расстоянии от ядра, аналогично тому как Луна не падает на Землю, Земля — на Солнце, хотя между ними и существует притяжение.

Учитель. Это ты правильно подметил, что периодичность движения электронов вокруг ядра является условием устойчивости структуры атома, подобно тому как периодичность движения планет в Солнечной системе является условием ее устойчивости. Вообще те объекты природы, в которых процессы повторяются через определенные интервалы времени, бывают долгофункционирующими. Примером может служить наше сердце, мозг и другие органы. Однако сравнивать движение электрона в атоме с движением планеты вокруг Солнца можно только условно, так как для электрона в отличие от планеты невозможно точно указать траекторию — его путь в атоме. Электроны не похожи на те объекты, которые окружают нас в макром мире. Известный американский физик Ричард Фейнман шутя говорил: «Если мы смотрим на электрон, то он где-нибудь да есть». Этими словами он хотел подчеркнуть, что для электрона нельзя абсолютно точно и одновременно определить местоположение и скорость, можно только указать область пространства в атоме, где наиболее вероятно его нахождение. Более подробно вы об этом узнаете на уроках химии. Сейчас же надо знать, что в виде шарика электрон изображается условно, это не «портрет» электрона. (Далее выясняет природу взаимодей-

ствия электронов и ядра атома, не только гравитационное, но и «электрическое» притяжение и показывает схематическое изображение атома лития.) Как вы думаете, каким законам подчиняется процесс образования атома?

Второй ученик. Думаю, что, когда электроны притягиваются к ядру как разноименно заряженные тела, энергия их уменьшается, но не до нуля, а до определенной величины — минимума, при котором электрон оказывается в устойчивом состоянии.

Учитель. Значит, образование атома подчиняется закону направленности процессов в природе, а именно закону о минимуме потенциальной энергии. Интересно, а почему третий электрон лития находится не в том состоянии минимума потенциальной энергии, что и первые два электрона, а дальше от ядра?

Второй ученик. Думаю, что там нет места для третьего электрона: ведь они все заряжены отрицательно, поэтому отталкиваются.

Учитель. Это близкое к научному объяснение. Оно будет уточнено немного позже на уроках химии. Сейчас скажу лишь о том, что электроны в атоме располагаются слоями. Те из них, которые принадлежат одному слою, имеют близкие значения энергии. Атом — очень устойчивая структура. В древности, да и в более близкие времена считалось, что атомы вечны. Какие, по-вашему, законы обуславливают их устойчивость?

Третий ученик. Наверное, устойчивость атома должна обуславливаться законами сохранения. Ведь если энергия электрона будет неизменна, то он будет вращаться вокруг ядра с одной и той же скоростью, на одном и том же расстоянии. А если ее изменить, например увеличить, то его кинетическая энергия может стать настолько большой, что электрон оторвется от ядра.

Четвертый ученик. Кинетическая энергия зависит не только от скорости, но и от массы. Чтобы кинетическая энергия не менялась, массы электрона и ядра должны быть постоянными. Следовательно, атом устойчив благодаря действию законов сохранения энергии и массы вещества.

Пятый ученик. Думаю, что для «жизни» атома важен и закон сохранения электрического заряда. Если бы заряд электрона или ядра изменился, то притяжение между ними тоже изменилось бы и атом стал бы неустойчив.

Учитель. Итак, кто сделает выводы об условиях устойчивости атома?

Шестой ученик. Устойчивость атома объясняется действием законов сохранения энергии, массы и заряда частиц,

из которых он состоит. Образуется же атом под действием закона о минимуме потенциальной энергии.

Седьмой ученик. Когда мы говорили об устойчивости живых организмов, мы обращали внимание на их симметрию. Мне кажется, что в строении атома также должна проявляться симметрия, благодаря которой он устойчив.

Учитель. Правильно. Действительно, устойчивость атома связана с проявлением свойства симметрии. Если на атом не действуют внешние электрические поля, то его электроны располагаются так, что собственное поле атома симметрично, т. е. одинаково по всем направлениям от атома. Таким образом, «вечность» атома, а значит, и относительную устойчивость состава окружающих нас тел нам помогли объяснить основные законы природы.

Как видим, раскрывая особенности строения атома, учитель нашел возможность показать роль законов сохранения, периодичности движения электронов и симметрии атома в его устойчивости. И уже после такого объяснения и последующего закрепления этих знаний смог на обобщающем уроке поставить вопрос: «На какие общие идеи и основные законы мы опираемся при объяснении строения атомов, их устойчивости?» К этому уроку (по теме «Электрические явления») ученики готовятся по следующим вопросам:

1. Как доказать, что закон сохранения электрического заряда связан с идеей дискретности вещества? (В доказательство включить знания о дискретности электрического заряда и законе его сохранения, явлениях электризации (с демонстрацией опытов), законе сохранения массы вещества, основных положениях учения о строении вещества.)

2. Обосновать утверждение о том, что закон сохранения электрического заряда — основной закон природы. (С этой целью объяснить на основе этого закона закономерности последовательного и параллельного соединений проводников, закон Ома, явление электризации, действие источника тока, баланс электронов при составлении уравнений химических реакций.)

3. Доказать, что электрические явления подчиняются законам сохранения и превращения энергии, направленности процессов в природе. — (При доказательстве (в том числе с помощью формул) раскрыть причину существования сопротивления проводников, нагревания их током, затраты энергии источником тока на выполнение работы в электрической цепи.)

4. Как в строении и устойчивости атома проявляются основные законы природы? Какими общими идеями можно воспользоваться, чтобы понять «вечность» атома?

5. Указать основные области использования электрического тока, полезность и вредность действия закона направленности природных процессов в электрических явлениях.

6. Какие знания следует отнести к основным по данной теме? Можно ли их считать основными для всего курса физики VIII класса (главные и подчиненные им понятия показать по схеме)?

Как видим, отличительная особенность вопросов, по которым учащиеся готовятся к обобщающему уроку, состоит в том, что вместе с их формулировкой указывается круг знаний, подлежащих обобщению.

Две последние темы курса VIII класса меньше по объему, чем рассмотренные. Поэтому обобщение их материала можно провести при помощи самостоятельных работ, в которые включаются вопросы типа «Как на основе знаний о направленности природных процессов объяснить взаимодействие проводников с током, размагничивание магнита?», «Как в действии магнитного поля на проводник с током, в работе электродвигателя, электроизмерительных приборов проявляется закон сохранения и превращения энергии?», «Как можно объяснить действие зеркал и линз, используя закон сохранения и превращения энергии?» и т. п.

В конце учебного года, как и в VII классе, проводим заключительный интегративный день, на котором защищаются лучшие «образы природы», обсуждаются вопросы обобщающего характера, подводятся итоги изучения знаний о природе тремя учителями (физики, химии, биологии). Ниже приводятся примерные вопросы, которые можно рассмотреть во время интегративного дня:

1. Какие знания по физике, химии, биологии, полученные в VIII классе, вы считаете самыми главными? Почему?

2. Как связаны эти знания между собой (на основе каких законов и идей)? Покажите существующие между ними взаимосвязи в виде схемы.

3. Почему законы сохранения энергии, массы вещества, электрического заряда, закон о направленности природных процессов, периодический закон можно назвать основными законами природы? (Поясните примерами объяснения законов физики, явлений неживой и живой природы.)

4. Если бы вам стало известно, что некие злоумышленники задумали изменить течение природных процессов на Земле, условия существования жизни, то к каким законам природы вы обратились бы в первую очередь, чтобы обезвредить их действия?

5. Какие идеи будете использовать в первую очередь для объяснения незнакомого вам явления природы?

6. Какова роль симметрии в сохранении состояния объектов окружающего мира, их устойчивости?

Пример «образа природы» восьмиклассницы дан на первом форзаце. В процессе работы над «образом» учащиеся используют рисунки из учебных пособий, созданных автором [17, 18], из научно-популярной и научно-фантастической литературы, фантазируют сами. «Образ» выражает не только мышление учащегося, но и его воображение, мир его чувств.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ЕНМП УЧАЩИХСЯ IX КЛАССА

В IX классе начинается систематическое изучение естественно-научных теорий, «открывается» оно механикой, роль которой в науке исключительна: на этой теории базировалась первая естественнонаучная картина мира — механическая (МКМ). Этот факт следует отразить и в учебном процессе, причем своевременно — на первом вводном интегративном дне. Здесь даем самое первое представление о том, что ЕНKM — это универсальное объяснение явлений природы, частных законов на основе фундаментальных закономерностей природы, самая общая система знаний о природе; что ЕНKM развивалась на протяжении истории человечества, поскольку она определяется теми фундаментальными законами природы, которые известны человеку на данном этапе развития науки; что первой была механическая картина мира, которая отличается от современной ЕНKM, подобно тому как, например, представления об атомах древних ученых отличаются от нынешних их моделей, и т. д.

Чтобы учащиеся хорошо поняли эти положения, объяснение материала строим в следующей последовательности: смысл выражения «естественнонаучная картина мира»; знания, входящие в содержание ЕНKM; этапы развития естественнонаучной картины мира; картина мира, созданная древними мыслителями; механическая картина мира и ее основные понятия; несоответствие механической картины мира современным представлениям о природе.

Во время занятия используем кодослайды, отражающие структуру ЕНKM (см. схему 1), основные понятия механической картины мира; в качестве домашнего задания рекомендуем подготовить к следующему занятию краткие сообщения о представлениях древних мыслителей о мире, о становлении механической картины мира, используя наше пособие для учащихся «Перекрестки физики...». Однако основную часть информации школьники должны усвоить на

занятии, причем выводы из обсуждения каждого вопроса желательно кратко записать. Так, запись о сути ЕНКМ и МКМ может быть примерно следующей:

«ЕНКМ — это система фундаментальных естественно-научных идей, основных законов природы, важнейших понятий. В нее прежде всего входят представления о свойствах пространства и времени, о материи и движении, взаимодействиях в природе и др. Картина мира — это модель природы, созданная на основе наиболее общих знаний о ней и позволяющая объяснять происходящие в мире явления, исходя из научных представлений, сложившихся к данному периоду времени».

«Механическая картина мира — исторически первая модель природы. Основные ее понятия: мир состоит из пустоты и «вечных» частиц, которые различаются массой, скоростью движения и положением в пространстве; пространство и время однородны и не связаны между собой; взаимодействие между телами — гравитационное; вечность мира находит объяснение в действии законов сохранения массы вещества и энергии, которые утверждают непрерывный (вечный) круговорот материи и движения; универсальные законы, объясняющие все явления, — законы механики; любые процессы (физические, химические, биологические) объясняются перемещением вечных, неизменных частиц; мир подобен гигантскому механизму, в котором движение каждого тела предопределено начальными условиями и законами механики».

«Такое упрощенное представление ученых XVII—XVIII вв. о мире обусловлено универсализацией законов механики, поскольку другие законы тогда были еще не известны».

В дальнейшем на протяжении учебного года круг «основных понятий» механической картины мира будет расширен; обращаясь к ним, учащиеся поймут и их неприемлемость для объяснения химических и особенно биологических явлений, чем будет предотвращена возможность возникновения у школьников механического мировоззрения и заложен фундамент для формирования современного стиля мышления и современной картины мира. (Основные понятия картины мира и их развитие полезно отразить на стенде «Современная картина мира и ее эволюция», который позволит в нужный момент без лишней затраты времени вспомнить о главных элементах разных научных картин мира, сопоставить и проанализировать их.)

Для формирования естественнонаучной картины мира в IX классе необходимо сравнить МКМ и механическую теорию. Поэтому на втором (вводном) уроке начинаем озна-

комление учащи
структурой меха
Материал излага

1. Механические
2. Основная ре
3. Условия ре
4. Структура м

о материальной т
перемещения и др
сохранения, меха
Для закреплен

вопросов: «Почему
лять с механическо
ния объясняют зак
могут быть основн

ра?», «Можно ли
частицей в МКМ?»,
с главными поняти

В результате уч
это форма научного
взаимосвязанных ут
шая методы объясн
предметной области
дает целостное пред

ческого движения тел
отождествлять ее с м
претендует на объясн
природы, в том числе
того, теория оперирует
вариаает степень их ид
дей объект механическ
оперируемая с объекта
отличается понятиями,
тот мир представлялся
Тот факт, что эт
исследователям, а были
этой картины стало из
научной механической
объяснения картины м
карт

комление учащихся с понятием физической теории и со структурой механической теории (в ее школьном варианте). Материал излагаем по такому плану:

1. Механическая теория. Смысл термина «теория».
2. Основная задача механики.
3. Условия решения основной задачи механики (знания о материальной точке, системе отсчета, законе изменения перемещения и др.).
4. Структура механики (кинематика, динамика, законы сохранения, механические колебания и волны).

Для закрепления планируем обсуждение следующих вопросов: «Почему механическую теорию нельзя отождествлять с механической картиной мира?», «Какой вид движения объясняют законы механики?», «Почему эти законы не могут быть основными в современной научной картине мира?», «Можно ли материальную точку отождествлять с частицей в МКМ?», «Как основная задача механики связана с главными понятиями МКМ?».

В результате учащиеся должны усвоить, что теория — это форма научного знания, представляющая собой систему взаимосвязанных утверждений и доказательств и содержащая методы объяснения и предсказания явлений данной предметной области [2, с. 7]. Так, механическая теория дает целостное представление о закономерностях механического движения тел, причем только о них. Поэтому нельзя отождествлять ее с механической картиной мира, которая претендует на объяснение законами механики всех явлений природы, в том числе химических и биологических. Кроме того, теория оперирует идеализированными объектами и оговаривает степень их идеализации; например, идеализированный объект механической теории — идеальная точка, неотожествляемая с объектами реального мира. А картина мира оперирует понятиями, которые согласно ее представлениям тождественны реальным объектам. Так, в механической картине мир представлялся состоящим из неделимых, «вечных» частиц. Тот факт, что эти частицы не соответствовали реальным объектам, а были тоже идеализированными образами, исследователям стало известно только тогда, когда механическая картина мира сменилась другой. Все изучаемые в этом учебном году на уроках физики явления будут объясняться законами механической теории с привлечением представлений научной картины мира. Механическая теория и МКМ не в состоянии объяснить явления, рассматриваемые на уроках смежных предметов; они объясняются на основе современной научной картины мира.

Чтобы дальнейшее изучение курса механики позволило

обобщить учебный материал на уровне естественнонаучной картины мира, необходимо выявить основания такого обобщения, т. е. проанализировать понятия и законы механики с точки зрения отражения в них обобщенных естественнонаучных идей. Обратимся с этой целью к темам курса.

Основы кинематики. Исходя из основной задачи механики, структурирующим понятием темы целесообразно выбрать понятие о координате (перемещении). Его связь с обобщенной естественнонаучной идеей (идеей сохранения) можно реализовать через идею относительности, которая выражает постоянство (сохранение) в различных системах отсчета закона, определяющего координату (перемещение) тела. Именно эта идея (относительности) и будет выступать в качестве системообразующего фактора темы.

Основы динамики. Имея в виду решение основной задачи механики в качестве главных понятий темы, можно выбрать понятия массы и силы и установить связи их со всеми остальными понятиями через законы Ньютона, а в качестве системообразующего фактора — идею однородности (симметрии) пространства, представление о котором вводим при раскрытии сути первого закона Ньютона, так как сохранение телом своей скорости при отсутствии воздействия других тел — это следствие однородности (симметрии) пространства. Из последнего вытекает и существование инерциальных систем отсчета, т. е. идея относительности входит в идею однородности пространства как ее органическая часть. А идея однородности пространства, в свою очередь, является выражением идеи сохранения (симметрия и сохранение — взаимообуславливающие друг друга понятия). Так устанавливается связь между темами «Основы динамики» и «Основы кинематики» и включение их содержания при помощи ведущих естественнонаучных идей в картину мира.

В теме «Основы динамики» идея сохранения фигурирует и непосредственно при изучении понятия массы и закона ее сохранения. Здесь уточняем формулировку этого закона: во всех механических, тепловых, химических и других процессах, не сопровождающихся взаимопревращением атомов и молекул, масса изолированной системы тел как мера их инертных и гравитационных свойств остается неизменной. С помощью закона сохранения массы веществ и первого закона Ньютона (который можно считать исторически первым из открытых законов сохранения) устанавливаем связь темы с учебным материалом химии и биологии. (Принцип Ле Шателье, содержание которого раскрывается в теме «Закономерности химических реакций», можно, например,

трактовать как проявление закона инерции по отношению к химическим системам.)

Законы сохранения. Главное содержание темы — законы сохранения импульса и механической энергии; они связаны с остальным материалом идеей сохранения или ее элементами (идеей относительности или однородности пространства и времени). В этой теме раскрывается связь законов сохранения с симметрией пространства — времени и формируется понимание симметрии как основы миропорядка. Подчеркивается, что такое понимание вместе с осознанием универсальности законов сохранения было основой обоснования вечности материи.

При изучении данной темы целесообразно показать, что симметрия и асимметрия в окружающем мире проявляются в диалектическом единстве, что в живой природе у каждого объекта наблюдается свое пространство и время (в школе это не рассматривается), и сосредоточить внимание на понимании симметрии как условия существования микропорядка, а асимметрии как выражения специфики объекта, явления, их индивидуальности.

Следует отметить, что не все законы сохранения могут использоваться в качестве универсального инструмента для объяснения различных явлений природы; например, закон сохранения импульса нельзя применять для объяснения химических и биологических явлений, поэтому он не включается в число основных законов природы.

При выводе закона сохранения и превращения энергии оперируем понятиями изменения потенциальной и кинетической энергии $\Delta E_{\text{п}}$ и $\Delta E_{\text{к}}$: $-\Delta E_{\text{к}} = \Delta E_{\text{п}} \Rightarrow \Delta(E_{\text{п}} + E_{\text{к}}) = 0 \Rightarrow E_{\text{п}} + E_{\text{к}} = \text{const}$. Но если $E_{\text{п}} = \text{min}$, то $\Delta E_{\text{п}} = 0$, т. е. при минимальном значении потенциальной энергии замкнутой системы не может происходить ее изменение. Следовательно, при минимуме потенциальной энергии тела в поле сил тяготения оно будет находиться в устойчивом равновесии. Так, закон о минимуме потенциальной энергии связываем с законом сохранения механической энергии и с симметрией пространства — времени (сохранение энергии изолированной системы и, значит, устойчивого состояния тела при $E_{\text{п}} = \text{min}$ — следствие симметрии пространства — времени).

Механические колебания и волны. В этой теме, связанной с предыдущей идеями сохранения и направленности процессов, названные идеи конкретизируются и раскрываются вместе с идеей периодичности.

Колебательное движение можно рассматривать как весьма распространенное в природе «балансирование» около по-

ложения устойчивого равновесия, периодическое возвращение к нему. Ведь «вечное» пребывание объектов в устойчивом положении мало вероятно, так как все они подвержены внешним воздействиям окружающего мира. Поэтому чаще всего встречаются периодические колебательные движения около устойчивого состояния системы. Периодичность в изменении их характеристик при этом и является условием устойчивости функционирования систем.

На примере колебаний математического или пружинного маятника показываем, что такие движения при замкнутости системы могут происходить как угодно долго. Условием устойчивости колебательного движения, его периодичности выступает неизменность энергии и массы колеблющегося тела, а это, в свою очередь, обусловлено симметрией пространства и времени.

На обобщающем уроке все изученные в теме явления рассматриваются с точки зрения проявления в них законов сохранения энергии и массы объектов. При осмыслении реальных колебательных и волновых явлений учащиеся приходят к выводу, что периодические процессы в макром мире затухают; их механическая энергия превращается во внутреннюю, и этот процесс необратим. После этого обращаемся к представлению о вечности круговорота вещества и энергии в природе и показываем, что в рамках механической картины мира она невозможна, так как в МКМ не учитывается необратимость природных процессов.

Подводя итог рассмотрению периодичности процессов в природе, останавливаемся на колебаниях в экологических системах и периодическом законе химических элементов. Обращаем внимание учащихся на то, что толчком к открытию этого закона послужило представление о массе атомов как главной и единственной характеристике частиц материи. Это соответствовало МКМ, во времена существования которой произошло открытие закона; сама же идея периодичности свойств вещества проистекает из идей дискретности материи и сохранения массы атомов одного и того же элемента. Таким образом, три известные учащимся важнейшие идеи — дискретности, сохранения и периодичности оказываются связанными между собой. Здесь следует еще подвести учащихся к выводу, что в МКМ периодический закон не мог получить объяснения, так как причины периодичности связаны со строением атома. Создание квантовой теории, учитывающей особенности микромира, привело к разрушению МКМ и началу построения современной картины мира. Так будет подчеркнута роль общих законов в эволюции научной картины мира и одновременно дано представление

о том, что формирование картины мира — процесс бесконечный, ибо ни одна модель природы не может быть окончательной.

Система вопросов, используемая для уяснения единства знаний по механике и межпредметных связей курса, представлена в таблице 9.

Таблица 9

Материал курса механики	Вопросы	
	связанные с общими идеями	межпредметного содержания
Относительность движения Равномерное и равноускоренное прямолинейные движения	В чем состоит идея относительности движения? Как идея относительности проявляется в характеристиках равномерного и равнопеременного движений?	Можно ли при помощи уравнений равномерного и равнопеременного движений определить скорость всасывания воды через эпителий кишечника?
Первый закон Ньютона. Инерциальная система отсчета	В чем суть идеи однородности пространства? Как идея однородности пространства связана с идеей относительности?	
Масса	Какова формулировка закона сохранения массы вещества, учитывающая определение массы?	
Второй и третий законы Ньютона. Закон всемирного тяготения	Как в законах Ньютона проявляется однородность пространства и времени?	Какие силы действуют в опорно-двигательной системе человека? Какие движения этой системы можно определить при помощи законов механики?
Силы тяжести. Центр тяжести	Каким образом в объяснении действия силы тяжести учитывается симметрия пространства?	Как двусторонняя симметрия животных связана с их устойчивостью? Почему ветви деревьев в большинстве случаев расположены симметрично вокруг ствола?
Принцип относительности Галилея	Как идея относительности связана с симметрией пространства и времени?	
Закон сохранения импульса. Реактивное движение	Как симметрия пространства обуславливает закон сохранения импульса? Как в этом законе учитывается закон сохранения массы вещества?	Какова роль реактивного движения в передвижении живых организмов?

Материал курса механики	Вопросы	
	связанные с общими идеями	межпредметного содержания
Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии в механике	Каким образом в содержании понятий потенциальной и кинетической энергии учитывается идея относительности механического движения? Как свойства пространства и времени обуславливают закон сохранения механической энергии? Почему при минимуме потенциальной энергии система находится в состоянии устойчивого равновесия? Какова связь этого состояния с симметрией времени?	На что затрачивается энергия человека при беге? Почему бегун, имеющий массивные ноги, бежит плохо? Можно ли на основе законов сохранения объяснить энергетический обмен в организме, рассчитать нормы питания? Какой закон здесь необходимо применить? Какие превращения энергии происходят в организме человека? С помощью какого закона можно объяснить роль кожи в теплорегуляции организма? Проявляются ли периодические изменения в живых сообществах? Какие?
Математический маятник. Превращения энергии при его колебаниях	Как в колебательном движении проявляется симметрия пространства и времени? законы сохранения?	
Поперечные и продольные волны	Как в объяснении волнового движения учитывается связь его периодичности с симметрией пространства и времени? Почему волновое движение затухает? Каким образом в ответе на этот вопрос применить знания о направленности процессов в природе? Как периодический закон связан с идеей сохранения?	

Эти вопросы должны помочь учителю выявить совместно с учениками структуру сообщаемых знаний и их место в теме урока, теме раздела, курса физики, всего школьного естествознания. В этом случае учащиеся смогут воспринимать каждый элемент учебного материала как элемент единой системы знаний. Это необходимое условие структурности и осмысленности усваиваемых учащимися знаний, но недостаточное. Достаточным оно станет, если учитель сможет сделать ребят единомышленниками в процессе обучения.

Для этого они должны видеть задачу в целом (чему способствуют вступительные к курсу обзорные уроки) и участвовать в генерализации и структурировании материала (выполняя самостоятельные работы).

В принципе этапы и методика обобщений знаний в IX классе те же, что и в VIII, но здесь в содержание обобщений, помимо ведущих естественнонаучных идей и основных законов, включается как само понятие естественнонаучной картины мира, так и понятия, входящие в его содержание. Можно заметить, что у девятиклассников значительно в большей мере, чем у учащихся предыдущих классов, проявляется интерес к самостоятельному составлению задач, этот факт следует всемерно использовать для развития их мышления. Перед обобщающими уроками обычно учащиеся выполняют самостоятельную работу, которая носит не столько контролирующий, сколько обучающий характер, так как ориентирует их мысль на обобщение знаний, установление межпредметных и внутрипредметных связей, она может включать и задачи, составленные учениками. Пример такой работы, которая предлагается учащимся перед обобщающим уроком по теме «Основы кинематики», приводится ниже:

1. Чем теория отличается от картины мира?
2. Почему материальная точка, система отсчета считаются идеализированными объектами механической теории?
3. Можно ли материальную точку отождествлять с частицей, фигурирующей в механической картине мира? А с атомом или молекулой, которые рассматривались на уроках физики, химии и биологии?
4. Можно ли при помощи изученных в теме формул определить перемещение частиц, о которых идет речь в механической картине мира? Можно ли при помощи этих формул определить движение атомов и молекул?
5. Известно, что вода всасывается кишечным эпителием значительно быстрее, чем питательные вещества. Можно ли этот факт объяснить с помощью изученных в теме формул? представлений механической картины мира?

Примером задач, составленных учащимися и включенных в эту работу, может служить такая задача: «Писатель В. Вересаев списывает следующий способ лечения больного холерой: его погружают в очень горячую воду и периодически повторяют эту процедуру. Можно ли этот способ лечения объяснить, используя представления механической картины мира?» Предложивший эту задачу предполагал такой ответ: «При холере человек погибает в первую оче-

редь от потери воды организмом в результате обезвоживания каждой его клетки; следовательно, необходимо восполнить эти потери, что и призвано сделать погружение в очень горячую воду, когда происходит диффузия воды в клетки тела с тем большей скоростью, чем выше температура воды. В МКМ зависимость скорости частиц от температуры не учитывается, поэтому на основе ее представлений такое объяснение невозможно».

Задачи, составляемые учащимися, вызывают большой интерес, несмотря на их порой несовершенство, нечеткость в постановке вопросов, «корявость» в формулировке условия и другие недостатки. Составление задач необходимо поощрять, так как они почти всегда отражают личностное отношение ученика к получаемым знаниям. Приведу в пользу сказанного такой пример. Ученик, который почти не проявлял интереса к физике (увлечением его был спорт), однажды составил следующую задачу: «Тренировки для человека необходимы, это залог его возможности выжить. Предположим, что сердце нетренированного человека в состоянии покоя выбрасывает 4 л крови в 1 мин, а при максимально допустимой для него нагрузке — 6 л в мин. Для тренированного человека выброс крови в минуту равен 20 л. Какой человек будет переносить болезнь легче, если известно, что при повышении температуры тела до 40°C потребление тканями кислорода возрастает в 2 раза?» Эта задача практически не связана с темой «Основы кинематики», ее следовало бы решать при закреплении темы «Законы сохранения». Но ученику так хотелось, чтобы и другие, решив эту задачу, убедились в его научном понимании того дела, которое он считает для себя главным, что пришлось его задачу включить в самостоятельную работу, лишь дополнив ее вопросом: «Можно ли эту задачу решить правильно, пользуясь представлениями механической картины мира?»

Такого рода вопросы и задачи, как приведенные выше, включаются в содержание самостоятельных работ наряду с традиционными; при анализе их решения учитель обращает внимание на правильные и неправильные ответы, разъясняет ошибки, оперируя понятиями «теория», МКМ, ЕНКМ. Так эти понятия становятся для учащихся привычными, необходимыми; тем более что при подготовке к обобщающим урокам учителя химии и биологии также проводят межпредметные контрольные работы, включая в них подобные вопросы. (Например, упомянутую нами задачу, составленную учеником-спортсменом, может использовать и учитель биологии при подготовке к обобщающему уроку по темам «Опорно-двигательная система», «Кровь и кровообращение»,

объяснив ее с точки зрения ЕНКМ и специфических закономерностей биологии.)

Содержание вопросов, рассмотрение которых выносится на обобщающий урок, должно охватывать весь материал темы и его межпредметные связи, обязательно предусматривать выделение главного, объяснение закономерностей, изучаемых в теме, на основе идей и законов, посредством которых они включаются в ЕНКМ. По теме «Основы кинематики» примерный перечень вопросов может быть таким:

1. Механическое движение и его характеристики.
2. Способы задания положения тела в пространстве.
3. Общность и различие всех видов механического движения, изучаемых в теме.

4. Графическое изображение механического движения (зависимости его скорости и координаты от времени).

5. Связь закона определения положения тела в пространстве с относительностью движения. (Возможно ли было бы установление этого закона без понимания относительности движения?)

6. Почему идея относительности называется одной из основных идей механической картины мира? В составе какой более общей идеи она входит в современную ЕНКМ?

7. Какие знания из курса математики необходимы для определения положения тела в пространстве?

8. Можно ли с помощью представлений МКМ объяснить действие опорно-двигательной системы человека?

9. Какова роль знаний по кинематике в решении практических задач?

Как видно из содержания этого обобщающего урока, он не может служить стержнем интегративного дня. Первый текущий интегративный день в IX классе проводится под руководством учителя биологии («Общий обзор организма человека»). К нему учитель физики помогает учащимся подготовить вопросы: «Силы в природе, их проявление в организмах животных и человека», «Физические основы кровообращения», «Представления о процессах жизнедеятельности в МКМ», театрализованное представление «Встреча с андроидом», в котором роль механического робота играет ученик, и др. Второй текущий интегративный день «химический», он посвящен обобщению знаний на основе закономерностей электролитической диссоциации или строения вещества. Обобщая материал, ставят акцент на том, что сделанные выводы не могли быть получены в МКМ, они входят в состав современной ЕНКМ. Учитель физики помогает учителю химии подобрать вопросы, обсуждение которых помогало бы привести учащихся к такому заключению.

Например: «Можно ли объяснить закономерности химических реакций с помощью законов механического движения, как это пытались сделать во времена МКМ? Какое свойство атомов положено Д. И. Менделеевым в основу периодического закона химических элементов? Как в этом проявилось мировоззрение, основанное на МКМ?» и др.

«Физический» интегративный день посвящается законам сохранения. Учителя химии и биологии на межпредметной консультации помогают учащимся показать знания из области химии и биологии на СЛС, подобрать примеры к раскрытию общности законов сохранения массы и энергии. Этот интегративный день, как и другие «дни», состоит из трех частей: обсуждение вопросов обобщающего характера, защита СЛС, подведение итогов интеграции физических, химических, биологических знаний за прошедший период обучения в IX классе, планирование подготовки к заключительному интегративному дню. В содержание дня можно включить следующие вопросы, формирующие ЕНМП учащихся:

1) закон сохранения и превращения энергии в механике и его проявление в живой природе (перемещение живых организмов, бег, прыжки и т. д.);

2) закон сохранения импульса, его проявление в живой природе;

3) симметрия пространства и времени, ее проявление в законах сохранения; симметрия живых организмов, ее роль в процессах жизнедеятельности;

4) действие законов сохранения при обмене веществ в организме человека; их отличие от законов сохранения, изучаемых в механике; законы сохранения механической энергии и массы вещества — основа объяснения вечности мира в механической картине мира;

5) проявление направленности процессов в обмене веществ и энергии в организме человека;

6) ведущие идеи МКМ и современной ЕНKM; их главные отличия.

Подготовка к заключительному интегративному дню начинается за 2—3 недели до него. Фактически учащиеся готовились к нему на протяжении учебного года, на межпредметной консультации им указывается, какой объем работы необходимо выполнить непосредственно перед «днем»:

1. Выявить, какие фундаментальные законы и обобщенные естественнонаучные идеи обуславливают структуру изученных тем по физике, химии, биологии (для этого им придется проанализировать составленные за год СЛС, обосновать вывод о том, что обобщенные естественнонаучные идеи,

выражающие фундаментальные закономерности природы, позволяют систематизировать, упорядочить все знания о природе — построить ЕНКМ, соответствующую знаниям девятиклассника).

2. Опираясь на СЛС и используя учебники, выделить в каждой теме главные понятия и подчиненные им; заполнить таблицу 10, отражающую структуру естественнонаучного знания, полученного в IX классе.

Таблица 10

Естественнонаучная идея	Главные знания (понятия, частные закономерности) по физике, химии, биологии	«Подчиненные» им знания (явления, факты, эмпирические зависимости)
-------------------------	---	--

3. Построить схему взаимосвязи естественнонаучных знаний, отражающую их структурирование на основе фундаментальных и частных закономерностей природы — «образ природы», по возможности иллюстрировать ее.

Выполненная работа проверяется и оценивается тремя учителями, защищается перед экспертами, состоящими из учителей и учащихся данного и старших классов. Некоторые учащиеся, выполнившие на «отлично» СЛС, написавшие интересные рефераты по интеграции знаний, могут освободиться от защиты «образа природы». Лучшие «образы природы» и рефераты рекомендуются для выставки и защиты на заключительном интегративном дне. Он проводится для параллельных классов. Целесообразно пригласить на него также родителей учащихся, представителей администрации школы. Такой день должен быть праздником знаний, общественным экзаменом для учащихся и учителей. За 2—3 дня учащимся объявляются вопросы, которые будут обсуждаться в течение дня. Например: что вы понимаете под ЕНКМ? Каково содержание ее оснований в IX классе? Как составлялась ЕНКМ в IX классе? Есть ли различие между ЕНКМ, которая строилась в VIII классе, и «образами природы» девятиклассников? В чем различие между ЕНКМ и естественнонаучными теориями, которые изучались в IX классе? Равноценен ли вклад физики, химии, биологии в построение ЕНКМ? Зачем нужно построение ЕНКМ, «образа природы»?

Учащимся также объявляется, что во время интегративного дня будут проводиться конкурсы «Развитие картины мира от древности до наших дней», «Отражение естественнонаучной картины мира в песнях, стихах, загадках» и др. План проведения «дня» также доводится до сведения учащихся и приглашенных на него (выставка и защита «обра-

зов природы» и рефератов, «открытий» — экспериментальных задач, гипотез и др., обсуждение вопросов обобщающего характера, конкурсы и театрализованное представление).

5. РАЗВИТИЕ ЕНМП УЧАЩИХСЯ X КЛАССА

В первой главе на примере темы «Основные положения молекулярно-кинетической теории» была показана методика формирования уровней обобщений, приводящих учащихся к ЕНМП. Поэтому детально на этой первой теме мы останавливаться не будем, остановимся на некоторых моментах, которые помогут подчеркнуть роль раздела «Молекулярная физика» в формировании целостности знаний о природе.

На вводном интегративном дне учителю физики следует акцентировать внимание учащихся на том, что первая ЕНKM страдала механистическим детерминизмом, выражающимся в полной предопределенности событий законами механики, непризнании случайностей. Согласно этой картине мир уподоблялся гигантскому механизму, заведенному до скончания веков. Развитие, направленность процессов в этой картине мира игнорировались.

Законы молекулярной физики (о которых учащиеся уже имеют некоторые представления) отличаются от законов механики, они управляют системами, состоящими из огромного числа частиц, подверженных случайным событиям; за «судьбу» каждой частицы в такой системе в тот или иной определенный момент времени они «не отвечают», т. е. законы МКТ «узаконивают» случайность в мире, которой нет места в МКМ, и тем самым разрушают представление о полной предопределенности событий. Но МКТ преодолевает механическую картину мира не до конца, ибо законами молекулярной физики (статистическими) объясняется поведение лишь больших ансамблей частиц — макросистем, а поведение каждой частицы в них в данный момент времени определяется ее скоростью, перемещением, т. е. законами механики. Таким образом, статистические законы, утвердившись в науке, образно выражаясь, срезали механическому детерминизму голову, ноги же его продолжают действовать. Элементарным понятием научного объяснения природы осталось, как и в МКМ, себестождественность частицы, скорость и положение которой можно определить в любой момент времени.

К этим выводам приводим учащихся в результате обсуждения характера статистических закономерностей, их роли в создании ЕНKM, которое можно провести по такому плану:

1. Основные положения МКТ и их применение при объяснении явлений природы.

2. Невозможность правильного объяснения всех явлений природы с помощью МКМ.

3. Можно ли закон о направленности природных процессов применить к объяснению поведения системы, состоящей из 2—3 молекул газа?

4. Отличие объектов, которые изучает МКТ, и ее законов от объектов изучения и законов механики.

5. Вклад МКТ в развитие научной картины мира.

Анализируя границы применимости закона о направленности процессов, учащиеся приходят к выводу, что действие статистических законов при переходе к небольшому числу частиц или к малым промежуткам времени наблюдения за частицей, находящейся в статистической системе, ослабевает.

В конце урока делаем вывод, что картина мира, которая будет формироваться в X классе, сложнее МКМ, имеющей дело с самым простым — механическим движением. В X классе предстоит изучить: на уроках физики — законы молекулярных движений, характеризующихся необратимостью процессов; на уроках химии — законы движения атомов, имеющие периодичность; на уроках биологии — еще более сложные законы органической эволюции, включающие естественный отбор. Между всеми полученными знаниями следует установить связь и найти их место в картине мира на основе общих идей и основных законов природы.

Учитель физики помогает учителю химии и биологии в этом. Так, на уроке, посвященном изучению кристаллического строения вещества и механических свойств тел, используем знания, полученные школьниками на занятиях по химии в VIII классе (о типах кристаллов — ионных, атомных, металлических, молекулярных и их свойствах). Обобщив их с помощью периодического закона, подводим учеников к выводу, что механические, тепловые, электрические свойства вещества можно приблизительно определить, пользуясь этим законом. Тип химической связи между частицами кристалла простого вещества можно установить по его месту в периодической системе — в периодах таблицы элементов химические связи меняются от металлических через ковалентные к молекулярным. Каждый период начинается щелочным металлом, в кристаллах которого чисто металлическая связь, обусловленная электронами. Такие кристаллы имеют невысокую прочность и низкую температуру плавления. Кристаллы, образованные атомами следующего в данном периоде элемента, имеют большую прочность и более высокую температуру плавления. К середине периода эти характеристики возрастают, а к его концу — при

переходе к молекулярным связям в кристалле — понижаются. Ученики вспоминают хорошо ими усвоенные на уроках химии сведения о том, где размещены в периодической таблице элементов металлы и неметаллы, как металлические свойства связаны с электропроводностью и теплопроводностью тел, а затем определяют по ней примерные значения электропроводности и теплопроводности простых веществ. При этом подчеркиваем прогностическую роль периодического закона, сообщаем о том, что материал боразон, не уступающий по твердости алмазу, сначала был «вычислен» при помощи периодической системы элементов, а затем синтезирован. Его кристаллическая решетка подобна кристаллической решетке алмаза: она состоит из атомов бора и азота (соседей углерода в периодической системе элементов), на каждый из которых приходится четыре валентные связи. Аналогично был «вычислен», а потом и получен арсенид галлия — полупроводник со столь же ценными свойствами как германий.

В X классе самостоятельной работе учащихся по обобщению знаний уделяется большее внимание, чем в предыдущих классах. Получает распространение такая форма работы, как написание рефератов межпредметного характера. Они защищаются на интегративном дне или обобщающем уроке наряду с СЛС. Так, при подготовке к интегративному дню «Статистические закономерности в природе» темами таких рефератов могут быть:

1. «Роль МКТ в объяснении явлений неживой и живой природы» (основные положения МКТ и их опытное обоснование; роль основных положений МКТ в объяснении закономерностей химических реакций и процессов жизнедеятельности).

2. «Строение молекул» (истоки идей о молекулярном строении — учение Анаксагора, Эмпедокла, Демокрита; взаимодействие молекул; молекулярные связи; водородные, гидрофобные и гидрофильные связи; химические связи; общие законы, проявляющиеся в образовании всех типов связей; применение знаний об «архитектуре» молекул при получении материалов с заданными свойствами, удобрений, продуктов питания и пр.).

3. «Температура — мера средней кинетической энергии молекул» (средняя кинетическая энергия молекул и тепловые явления; основное уравнение состояния идеального газа; флуктуации теплового движения и применение знаний о них при объяснении явлений неживой и живой природы; сходство подходов к объяснению явлений в МКТ и учении Дарвина).

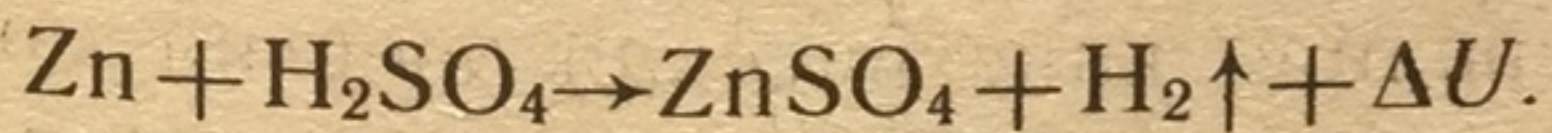
4. «Состояние вещества» (газообразное, жидкое и твердое состояния вещества; свойства поверхностных пленок; переходы вещества из одного состояния в другое, закономерности таких переходов; роль агрегатных превращений вещества в живой природе).

5. «Строение и свойства твердых тел (кристалл, его решетка и симметрия; типы химических связей и кристаллов, их свойства; постоянство физических характеристик кристалла (температура плавления, удельная теплота плавления, коэффициенты прочности, твердости, упругости и др.) и его обоснование на основе общих законов природы; предвидение свойств кристаллического вещества по месту соответствующего элемента в периодической системе химических элементов; использование свойств твердых тел в технике)».

6. «Жизнь на Земле — «водная»» (строение молекул воды; особенности ее теплового расширения и их значение для живой природы; значение удельной теплоемкости, удельной теплоты плавления и парообразования воды; ее роль в природе; охрана вод — залог существования жизни).

7. Значение статистических закономерностей в современной ЕНКМ.

Аналогично организуется работа по интеграции знаний и при изучении других тем X класса, хотя их обобщение и не выносятся на интегративные дни, так как они не имеют столь обширных и значительных для формирования ЕНКМ связей с курсами химии и биологии этого класса, как тема «Основы МКТ». Так, тема «Основы термодинамики» имеет большое значение для обобщения и обоснования знаний по химии и биологии, которые получены учащимися в предыдущем классе. В качестве главного метода такого обобщения здесь выступает решение задач межпредметного характера с применением первого начала термодинамики. Задачи на подтверждение общности первого начала термодинамики, например, по отношению к химическим явлениям многочисленны. Рассмотрим одну из них: «Вычислить изменение внутренней энергии в результате реакции цинка, взятого в количестве 1 моль, с разбавленной серной кислотой при 20 °С, если известно, что вследствие перестройки химических связей при этом выделяется 143,0928 кДж теплоты».



В процессе реакции происходит перестройка химических связей реагирующих веществ и уменьшение энергии взаимодействия их частиц, вследствие чего выделяется теплота. Кроме того, выделяется водород в количестве 1 моль, объем

системы увеличивается, и она выполняет работу против сил внешнего давления. Полное изменение внутренней энергии, т. е. тепловой эффект химической реакции: $\Delta U = Q + A$. Поскольку расширение системы происходит при постоянном давлении, работу можно найти по формуле $A = p(V - V_0)$, где начальным объемом по сравнению с конечным можно пренебречь. Используя уравнение Менделеева — Клапейрона, вычисляем работу: $A = RT$. Подставив значения величин, получаем $A = 1 \cdot 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \times \text{К}) \cdot 293 \text{ К} \cdot 1 \text{ моль} = 2,436 \text{ кДж}$. Итак, изменение внутренней энергии реагирующих веществ: $\Delta U = 145,5308 \text{ кДж}$.

Аналогично решается и такая задача: «Определить изменение внутренней энергии системы, в которой происходит горение водорода в кислороде при 20°C , если вследствие изменения химических связей между частицами реагирующих веществ во время реакции выделяется $286,2 \text{ кДж}$ энергии (в расчете на 1 моль образовавшихся веществ)».

Приведем еще две задачи на материале химии: «1. Как объяснить термохимическое уравнение образования оксида ртути?» (Решение ее простое: внутренняя энергия образовавшегося оксида ртути на $351,96 \text{ кДж}$ больше, чем отдельно ртути и моля кислорода.) «2. Чем обусловлены тепловые явления при растворении?» (Затратой энергии на разрушение кристаллической решетки, равной теплоте плавления, и выделением теплоты при гидратации — присоединении молекул воды к химическому соединению без разложения последнего.)

Большие возможности предоставляет для составления задач и материал биологии; например: «Почему после усиленной кратковременной нагрузки человеку становится жарко и он часто дышит?»

Этой задаче можно придать и более интересную форму.

«Йога считает, что мало просто механически наполнять легкие воздухом, надо мысленно-волевым усилием создавать образ вливающейся с воздухом той самой энергии, которая всему в природе дает импульс. Можно ли говорить, что вместе с воздухом вливается энергия?» (Последняя задача составлена по статье: Воронин В. Хатха-йога // Наука и жизнь. — 1980. — № 5.)

При решении задач учащиеся используют знания о том, что энергетическое обеспечение всех процессов организма происходит за счет внутренней энергии АТФ (см. вклейку X). Но молекул АТФ в клетке ограниченное количество — около $0,4\%$ по массе. При резкой физической нагрузке клетки расходуют молекулы АТФ — они распадаются с выделением внутренней энергии. Для синтеза новых моле-

кул АТФ необходима энергия, источником которой в организме является окисление питательных веществ, для чего нужен кислород. Именно этим обусловлено частое дыхание, а также тем, что из организма надо интенсивно удалять углекислый газ, чтобы он не отравил организм. А в том, что человеку при этом становится жарко, «виновато» второе начало термодинамики: не вся выделяющаяся при окислении энергия превращается во внутреннюю энергию молекул АТФ — только 55% ее; остальная нагревает тело человека и окружающую среду.

Поскольку о необратимости процессов в природе учащиеся знают еще с VII класса, в X классе они способны воспринять второе начало термодинамики в его статистическом толковании. Учитывая это, проводим урок «Необратимость процессов в природе», излагая материал по следующему плану:

1. Обратимые и необратимые процессы.
2. Направленность тепловых процессов в природе и ее связь со степенью неупорядоченности частиц в системе.
3. Второе начало термодинамики и его общность для физических, химических, биологических явлений.
4. Диалектическое единство закона о минимуме потенциальной энергии и второго начала термодинамики в процессах природы.

К моменту проведения этого урока учащиеся на занятиях по физике и химии уже объясняли на основе закона о минимуме потенциальной энергии образование атома, молекул из атомов, возникновение различных типов химических и молекулярных связей, образование жидкости из газообразного вещества, кристаллов, макромолекул. Им понятно, что усложнение структурных уровней материи, начиная от ядра и кончая клеткой, связано с проявлением этого закона. Рассматривалась ими и роль второго начала термодинамики в разрушении структур — распаде молекул, плавлении, испарении, расширении газов и др. Здесь важно выяснить, почему в окружающем мире не наблюдаются атомы произвольно большой массы. Могут ли существовать молекулы, состоящие из как угодно большого числа атомов? Чем ограничено действие закона минимума потенциальной энергии, если, например, две молекулы водорода имеют такую же массу, как и один атом гелия, образование которого значительно «выгоднее», чем образование двух молекул водорода? Почему в природе есть объекты одинаковой массы, но разных уровней сложности? Как возникает разнообразие структурных уровней?

Ход рассуждений при этом может быть следующим.

Если бы микрообъект был изолирован от подобных ему, то возрастание его массы и внутренней энергии ограничивалось бы только его собственной неустойчивостью. Но частицы вещества, двигаясь хаотически и сталкиваясь между собой, объединяются в некоторые скопления, часть из которых благодаря действию закона о минимуме потенциальной энергии оказываются устойчивыми — так образуются молекулы. Над атомами, которые находятся в молекуле, второе начало термодинамики уже не властно; каждый из них не может как угодно перемещаться по отношению к другим, в молекуле они обретают некоторую устойчивость.

Образовавшиеся молекулы «втягиваются» хаотическим движением в столкновения с другими молекулами, из их «сгущений» возникают макромолекулы и т. д. Таким образом, не успеет микрообъект побыть на одном уровне сложности, как под влиянием второго начала термодинамики (хаотичности теплового движения) он оказывается участником события, в результате которого, благодаря закону о минимуме потенциальной энергии, возникает микрообъект большего уровня сложности. Чем выше уровень сложности, тем менее энергетически «выгоден» процесс образования более сложной структуры. Но для «запуска» синтеза здесь нужна меньшая энергия: для ядерного синтеза необходимы температуры в миллиарды градусов, для молекулярного — 100—1000 °С, а для синтеза белка достаточно температуры нашего тела. (Так подводим учащихся к пониманию единства и борьбы противоположностей в процессе возникновения разнообразия объектов природы, к пониманию мысли о том, что образование клетки — закономерный этап в развитии микрообъектов.)

При изучении КПД теплового двигателя школьники выясняют, что клетка не может работать как тепловая машина, для этого температура ее должна быть выше 100 °С. Вывод этот они получают, сделав такой расчет: приняв КПД клетки равным, например, 30% и подставив это значение в формулу КПД идеальной машины, находят:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}; \quad 0,3 = \frac{T_1 - 293 \text{ К}}{T_1}; \quad T_1 = 438,5 \text{ К}.$$

При такой температуре клетка функционировать не может.

В конце изучения раздела проводим составленную совместно с учителями химии и биологии межпредметную контрольную работу, отметки за которую учитываются по всем этим предметам. Примеры задач для нее приведены ниже:

1. Теплота образования оксида кальция при 20 °С равна 637,299 кДж. Почему при этой реакции выделяется теплота?

2. Чему равна энергия, необходимая для разложения оксида кальция? В какой вид энергии она при этом превращается?

3. Почему тепловой эффект реакций нейтрализации практически всегда одинаков?

4. Как изменяется выделение энергии организмом теплокровного животного при изменении температуры окружающей среды?

5. Перенос пищи по пищевой цепи приводит к потере до 80—90% ее при каждом очередном переносе. Какой закон природы здесь действует? Почему пищевые цепи не могут быть как угодно длинными? Какой основной закон природы препятствует этому?

Перед обобщающим уроком по основам термодинамики предлагаем учащимся следующие темы рефератов:

1. «Закон сохранения и превращения энергии в природе» (энергия — «царица» мира и ее «лики»: механическая, внутренняя, энергия химических соединений и другие виды; применение этого закона к объяснению изопроцессов в газах, вычислению тепловых эффектов химических реакций, прочности химических связей и кристаллических решеток, процессов жизнедеятельности).

2. «Направление процессов в природе» (необратимые и обратимые процессы; условия их протекания; химические, физические, биологические процессы, в том числе пищевые цепи; экологическая пирамида; направленность процессов и уровни организации материи).

3. «Главное дело тепловых машин» (общие законы природы, на которых основано действие тепловых машин; невозможность достижения КПД, равного 100%; применение тепловых машин в народном хозяйстве).

4. «Роль закона сохранения и превращения энергии в создании ЕНKM» (объединение знаний в систему на основе закона).

Поскольку обобщающий урок преследует цель не столько проверки знаний, сколько обобщения их, его лучше проводить для параллельных классов — тогда он может быть уроком-соревнованием на лучшую структурно-логическую схему раздела, на лучший реферат, составленную задачу и др.

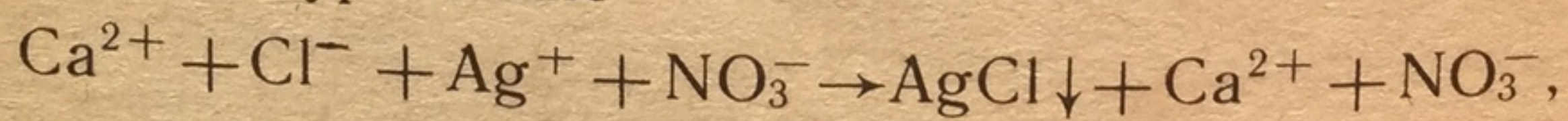
В конце урока при раскрытии роли термодинамики в формировании естественнонаучной картины мира важно подчеркнуть два обстоятельства. Во-первых, обобщающую роль первого начала термодинамики (закона сохранения и превращения энергии). Этот закон после открытия его Р. Майером стал основой объединения всех естественных дисциплин, причем в корне отличного от неправомерного объединения

всех явлений в механической картине мира. Благодаря закону сохранения и превращения энергии разнородные явления не сводились к перемещению частиц, а раскрывалось происходящее в ходе них превращение одного вида энергии в другой, одной формы движения материи — в другую. Во-вторых, второе начало термодинамики вместе с учением Дарвина стало опорой для утверждения эволюционных идей в естественнонаучной картине мира. Представлению о бесконечном повторении процессов в природе, следующему из МКМ, эволюционными идеями был нанесен сокрушительный удар. (В науке появились статистические закономерности, которые узаконивали случайности в природных процессах, изгнанные из картины мира механистическим детерминизмом.) Однако ни молекулярно-кинетическая теория, ни термодинамика не создали своей картины мира. Универсальными понятиями на микроуровне были понятия дискретности материи и частицы, для которой в любой момент времени можно определить скорость и положение в пространстве.

При изучении раздела «Электродинамика» особое внимание уделяем формированию понятия о поле как одном из видов существования материи; как и в предыдущем разделе, продолжаем систематизацию знаний на основе идей сохранения, направленности процессов в природе и их периодичности. Ниже (в табл. 11) даются темы уроков согласно программе, при изучении которых наиболее целесообразно, по мнению автора, раскрытие роли обобщенных идей в систематизации знаний.

Закон сохранения электрического заряда ярко проявляется в химии, и нужно, чтобы учащиеся самостоятельно привлекали его для объяснения химических явлений, например электронейтральности растворов электролитов. Полезно на примерах уравнений электролитической диссоциации показать, что этот процесс не меняет нейтральности раствора электролита: $\text{H}_2\text{SO}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$.

Закон сохранения электрического заряда позволяет правильно составлять уравнения химических реакций. Например, записав уравнение

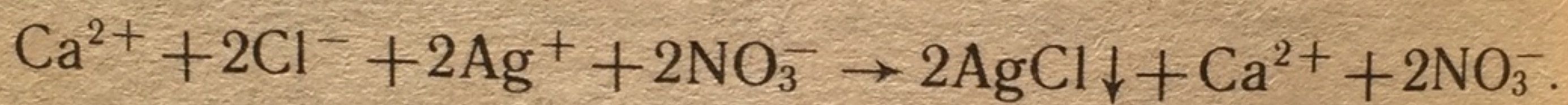


рассуждаем следующим образом. Раствор реагирующих веществ содержал нейтральные вещества, значит, и после реакции он должен быть нейтральным. Следовательно, и в левой части уравнения, и в правой должны быть поставлены коэффициенты согласно закону сохранения электрического заряда, обеспечивающие вместе с тем соблюдение закона сохранения массы вещества (если указывается тепловой эф-

Тема урока (средства наглядности [18])	Варианты вопросов
<p>1. Закон сохранения электрического заряда (табл. 11. «Закон сохранения электрического заряда»)</p> <p>2. Закон Кулона (табл. 7. «Химические связи»)</p> <p>3. Проводники в электрическом поле (табл. 9. «Строение и свойства вещества»; табл. 13. «Строение атома и периодический закон»)</p> <p>4. Диэлектрики в электрическом поле (табл. 9. «Строение и свойства вещества»)</p> <p>5. Диэлектрическая проницаемость (табл. 8. «Свойства воды»)</p> <p>6. Последовательное и параллельное соединения проводников</p> <p>7. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи</p> <p>8. Взаимодействие токов</p> <p>9. Магнитные свойства вещества. Ферромагнетики</p> <p>10. Электрический ток в полупроводниках. Проводимость полупроводников (табл. 9. «Строение и свойства вещества»; табл. 13. «Строение атома и периодический закон»)</p> <p>11. Электронная эмиссия</p>	<p>Как в изучении электростатики проявляется идея относительности? Какие химические и биологические явления объясняют закон сохранения электрического заряда? Можно ли закон Кулона объяснить с точки зрения принципа направленности процессов в природе? Какие тела (по типу кристаллической решетки) принадлежат к проводникам? Как при помощи периодической системы элементов определить проводимость простых веществ? Как поляризацию и деполяризацию диэлектрика объяснить с точки зрения направленности процессов в природе? Какие типы кристаллов обладают свойствами диэлектрика? Почему у воды большая диэлектрическая проницаемость и какое это имеет значение для живой природы? Как законы последовательного и параллельного соединений проводников можно вывести из законов сохранения? Каким образом можно получить закон Ома для полной цепи на основе закона сохранения и превращения энергии? Можно ли во взаимодействии токов указать направление протекания процесса? Как в намагничивании и размагничивании вещества проявляется направленность процессов в природе? Какие кристаллические тела принадлежат к полупроводникам? Как при помощи периодической системы элементов определить простые вещества, обладающие свойствами полупроводников? Как можно предвидеть новые вещества с такими свойствами? Каким образом периодическая система элементов может помочь выбрать металлы для катодного покрытия?</p>

Тема урока (средства наглядности [18])	Варианты вопросов
12. Электрический ток в расплавах и растворах электролитов. Закон электролиза (табл. 11. «Закон сохранения электрического заряда»)	Можно ли закон электролиза объяснить на основе законов сохранения? Как объяснить окислительно-восстановительные реакции при электролизе на основе закона сохранения электрического заряда?
13. Электрический ток в газах	Каким образом в электропроводности газов проявляется закон сохранения электрического заряда?

фekt реакции, то учитывается еще и закон сохранения энергии). В результате расстановки таких коэффициентов в данном случае

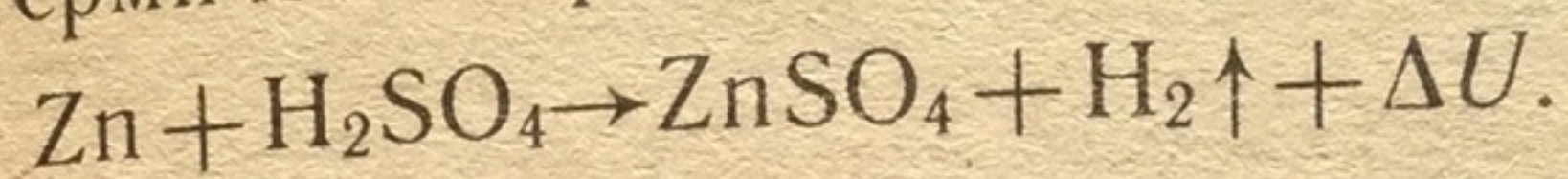


Применяя закон сохранения электрического заряда к объяснению окислительно-восстановительных реакций во время электролиза, учащиеся приходят к выводу, что при электролизе расплава NaCl происходят следующие реакции: 1) распад NaCl на ионы ($\text{NaCl} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$), 2) выделение натрия на катоде ($\text{Na}^+ + e \rightarrow \text{Na}^0$), 3) выделение хлора на аноде ($\text{Cl}^- - e \rightarrow \text{Cl}$; $2\text{Cl}^- - 2e = \text{Cl}_2\uparrow$). При этом число электронов, приносимых к аноду отрицательными ионами, равно количеству забираемых за то же время положительными ионами с катода; алгебраическая сумма зарядов в системе «раствор — электрическая цепь» постоянна. Учащиеся приходят к выводу, что источник тока «перекачивает» через раствор электролита заряды, не меняя их общего количества (см. вклейку XII).

Обращение к закону сохранения электрического заряда помогает учащимся увидеть общее в механизме возникновения проводимости различных сред: полупроводников, растворов электролитов, газов — проводимость возникает в них благодаря разделению нейтральных частиц на частицы, несущие отрицательные и положительные заряды. При этом ни один заряд не исчезает и не возникает сам по себе, алгебраическая сумма зарядов проводящей среды остается равной нулю, как и до возникновения проводимости.

Для уяснения сути изучаемого необходимо при помощи закона сохранения объяснить частные законы, рассматриваемые в электродинамике. Например, закон Ома для всей цепи учащиеся объясняют, применив знания об условиях проте-

кания химических реакций и законе сохранения и превращения энергии. Им известно, что в простейшем элементе Вольта идет экзотермическая реакция:



Энергия, выделяющаяся во время химической реакции, равна той энергии, которая обуславливает движение зарядов в цепи и в конце концов превращается во внутреннюю энергию:

$$qm = I^2(R + r)t,$$

где q — количество теплоты, получающееся при реакции единицы массы вещества, m — масса выделяющегося на электродах вещества, I — сила тока в цепи, R — ее внешнее сопротивление, r — внутреннее сопротивление источника, t — время прохождения тока. Массу выделившегося на электродах элемента вещества можно определить по закону Фарадея:

$$m = kIt,$$

где k — электрохимический эквивалент. На основании закона сохранения и превращения энергии можно записать:

$$k_1q_1It + k_2q_2It = I^2(R + r)t$$

(левая часть содержит два члена в соответствии с тем, что химические реакции происходят у обоих электродов). Следовательно,

$$k_1q_1 + k_2q_2 = I(R + r).$$

Левая часть равенства зависит только от рода вещества и носит название электродвижущей силы (ЭДС). ЭДС гальванических элементов не зависит от их размеров и обозначается \mathcal{E} . Итак, $\mathcal{E} = I(R + r)$.

Исходя из закона сохранения электрического заряда и энергии учащиеся объясняют и законы соединения проводников. Например, при разветвлении

$$\Delta q = \Delta q_1 + \Delta q_2 \Rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{\Delta q_1}{\Delta t} + \frac{\Delta q_2}{\Delta t} \Rightarrow I = I_1 + I_2.$$

Здесь Δq — заряд, поступающий за время Δt к разветвлению, Δq_1 и Δq_2 — заряды, протекающие за время Δt через сечения параллельно соединенных проводников.

Равенство общего падения напряжения на последовательных участках цепи сумме падений напряжения на них выводится на основе закона сохранения энергии:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots;$$

$$IUt = IU_1t + IU_2t + IU_3t + \dots;$$

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

Закон Фарадея для электролиза следует из законов сохранения электрического заряда и массы вещества. Чтобы показать это, записываем формулу закона $m = \frac{1}{F} \frac{A}{n} q$ и выражаем число Фарадея следующим образом: $F = q_n \frac{N_A}{n}$, где q_n — заряд иона, N_A — число Авогадро, n — валентность элемента. Подставив значение числа Фарадея в записанную формулу, получаем:

$$m = \frac{A}{N_A} \cdot \frac{q}{q_n}$$

Анализируя последнее выражение, учащиеся приходят к выводу, что масса выделившегося вещества равна произведению массы одного иона $\frac{A}{A_n}$ на число ионов $\frac{q}{q_n}$, которые прошли через раствор электролита за время электролиза, т. е. масса выделившегося на электродах вещества равна массе ионов, прошедших через раствор во время электролиза. Это утверждение базируется на законах сохранения электрического заряда и массы вещества: масса и заряд каждого иона при прохождении тока не изменяются (его массу считаем равной массе атома, поскольку массой электронов в данном случае можно пренебречь).

Здесь уместно подчеркнуть, что объяснение законов электродинамики на основе общих законов природы дает возможность глубже раскрыть их и в то же время убедиться, что частные законы природы обусловлены общими и последние служат главной опорой для обоснования знаний о природе. Такая «иерархизация» законов природы — одно из главных условий структурирования знаний, ибо установление «субординации» выраженных законами связей в природе создает целостное представление о ней.

Знания об электрических свойствах вещества обобщаем с помощью периодического закона. Ученики вспоминают, что твердые тела ведут себя по-разному в электрическом поле в зависимости от типа химической связи в кристаллической решетке. Кристаллы с металлической связью имеют свободные электроны, которые под действием электрического поля легко перемещаются; поэтому металлы — хорошие проводники электрического тока. Ионные и молекулярные кристаллы не имеют свободных зарядов, и состоящие из них тела — изоляторы. Кристаллы с атомной решеткой также не имеют свободных зарядов, но под действием внешних факторов (света, температуры), когда связи между атомами разрываются, возникают электроны проводимости и свободные от электронов места — дырки. Такие кристаллические тела принадлежат к полупроводникам.

Принадлежность простых веществ к проводникам, полупроводникам и изоляторам учащиеся определяют по таблице Периодической системы химических элементов. Левую и нижнюю часть ее занимают металлы — хорошие проводники тока; правую и верхнюю часть — неметаллы — они плохо проводят электрический ток, это изоляторы; между металлами и неметаллами стоят элементы с промежуточными свойствами, многие из них относятся к полупроводникам (B, C, Si, Ge, As, Fe). Эта же таблица помогает ученикам выбрать металлы для катодного покрытия — металлы, стоящие в первой главной подгруппе: у них работа выхода электрона значительно меньше, чем у других металлов.

Постоянное обращение учащихся к идее направленности природных процессов позволяет им увидеть общее в разнообразных явлениях: притяжение разноименных зарядов, а также проводников с током обусловлено их переходом в такое состояние, в котором энергия взаимодействия минимальна. Электризацию проводящих материалов и поляризацию диэлектриков в электрическом поле, намагничивание ферромагнетиков в магнитном поле можно рассматривать как установление определенного порядка в расположении частиц вещества. При отсутствии внешних полей этот порядок нарушается — проводник становится нейтральным, диэлектрик деполяризуется, ферромагнетик размагничивается; все системы сами по себе приходят в равновесное состояние, для которого характерен максимально возможный беспорядок в расположении частиц.

Перед обобщающим уроком по теме «Электрическое поле» предлагаем учащимся вопросы для подготовки, над которыми можно работать и как над рефератами:

1. Электрический заряд и его свойства (дискретность, сохранение, наличие электрического поля вокруг него; проявление свойств электрического заряда в физических, химических, биологических явлениях).
2. Закон Кулона и его проявления (электризация, поляризация, строение вещества).
3. Потенциал и напряженность — энергетическая и силовая характеристики электрического поля (их использование при объяснении электрических явлений).
4. Ведущие научные идеи темы и их проявление в изучаемых явлениях.

Обобщающие уроки проводим также после прохождения тем «Законы постоянного тока», «Электрический ток в различных средах», а в конце изучения раздела проводим второй «физический» интегративный день «Электромагнитные взаимодействия в природе». За 2—3 недели до него

предлагаем учащимся темы рефератов: 1. «Электрический заряд и его свойства; проявление этих свойств в неживой и живой природе. Законы, характеризующие поведение неподвижных и движущихся электрических зарядов».

2. «Взаимодействие электрических зарядов» (два рода зарядов; электрическое поле, его характеристики; законы взаимодействия электрических зарядов, их проявление в строении вещества, явлениях электрического тока, химических реакциях).

3. «Постоянный ток» (условия существования тока; законы постоянного тока, их обоснование на основе общих законов природы; применение электрического тока; электричество в живой природе).

4. «Магнитное поле» (магнитное поле и его природа, основные характеристики; действие магнитного поля на проводник с током, на заряд; общие законы, которым подчиняются эти явления; проявление действия магнитного поля в живой природе и в окружающем мире).

5. «Электрические свойства вещества» (причины разделения веществ на проводники, полупроводники, диэлектрики; закон, с помощью которого можно приблизительно оценить электрические свойства простых веществ; диэлектрики, роль значения диэлектрической проницаемости воды в явлениях природы; растворы электролитов, их роль в технике и живой природе).

6. «Полупроводники и их применение» (электрические свойства полупроводников, их обусловленность внутренним строением кристаллов; собственная и примесная проводимость полупроводников; применение полупроводниковых приборов).

7. «Ток в газах» (природа тока в этой среде; плазма, ее электропроводность и тепловое излучение; обоснование проводимости газов и свойств плазмы с помощью общих законов; применение тока в газах и плазмы).

8. «Магнитные свойства вещества» (диа-, пара-, ферромагнетики; магнитный момент электрона в атоме; природа ферромагнетизма, ее объяснение на основе принципа минимума потенциальной энергии; магнитные свойства кристаллических тел; применение магнитных свойств вещества).

9. «Электромагнитные силы» (силы в механике, взаимодействия, их обуславливающие; взаимодействие неподвижных и движущихся электрических зарядов; системы отсчета, в которых они наблюдаются; электрическое и магнитное поля, их отличие и единство, взаимная связь).

10. «Становление электромагнитной картины мира»

(развитие понятия о поле: невесомые «флюиды», «флогистон», «теплород», «магнитная и электрическая жидкости», современное представление о них; опыты Эрстеда, Ампера; электромагнитные явления в природе и их объяснение существованием электромагнитного поля).

Как видно из приведенного краткого содержания тем рефератов, они охватывают и материал, который не входит в программу, поскольку их пишут, как правило, учащиеся, которые интересуются естествознанием или физикой.

Наряду с рассмотренными выше, предлагаем учащимся вопросы, знание которых обязательно для всех:

1. Неподвижные электрические заряды, их взаимодействие; законы, определяющие взаимодействие таких зарядов.

2. Электрическое поле, его характеристики; общие законы проявления электрических полей.

3. Проводники и диэлектрики в электрическом поле; конденсаторы, их применение; объяснение поведения проводников и диэлектриков в электрическом поле действием общих законов природы.

4. Законы постоянного тока, их объяснение на основе общих законов природы.

5. Магнитное поле и его характеристики; объяснение магнитных явлений с помощью общих законов природы.

6. Магнитные свойства вещества; их объяснение действием в природе общих законов.

7. Природа тока в различных средах; различие и общие черты электропроводности разных сред; их объяснение на основе общих законов природы.

8. Применение полупроводников, тока в газах, в растворах электролитов.

9. Основные научные идеи раздела. Роль представлений об электрическом, магнитном, электромагнитном полях в изменении картины мира.

Как видно из содержания вышеприведенных тем рефератов и вопросов, интегративный день фактически посвящается синтезу знаний по физике, поэтому его проводить может сам учитель физики. Учителя химии и биологии помогают учащимся подобрать литературу при написании рефератов, проверяют их и оценивают.

Подводя итоги синтезу знаний, учитель делает акцент на роли электродинамики в изменении представлений об одном из важнейших понятий ЕНKM — материи. Если в МКМ материя представлялась в виде вещества, состоящего из вечных неделимых частиц, т. е. дискретной, то с утверждением в науке электродинамики она стала представляться существующей в двух видах — вещества и поля, отлича-

тельной чертой которого является непрерывность. Один из учащихся может выступить с сообщением из истории открытий в области электрического и магнитного полей. Он говорит, что расчленение явлений на электрические и магнитные началось с Уильяма Гильберта, английского врача, жившего в 1544—1603 гг. Поставив несметное количество опытов, он пришел к выводу, что притяжения тел к магниту и янтарю имеют разную природу. Ему удалось разделить электрические и магнитные явления на два класса, которые с тех пор стали исследоваться отдельно. Однако наблюдения показывали, что эти явления нельзя считать независимыми друг от друга: то молния намагнитит ножи и вилки в ящике, в который она ударила, то заметят, что пламя свечи отклоняется под действием магнита... Связь магнитных и электрических явлений удалось установить Г. Х. Эрстеду. 15 февраля 1820 г. профессор Эрстед читал студентам лекцию о связи электричества и теплоты. Они с восторженным любопытством наблюдали, как нагревается проволока, по которой проходит ток. Рядом с проволокой лежал компас, и один студент заметил, как стрелка компаса отклоняется, когда по проволоке проходит ток. Имени студента история не сохранила, а Эрстед со своим знаменитым опытом объехал все академии мира. В том же году Араго заметил, что проволока с током способна намагнитить стальные иголки. Вдвоем с Ампером они изготовили соленоид — первый электромагнит, созданный человеком. Ампер исследовал взаимодействия проводников с током. Связь электрического и магнитного полей была окончательно установлена, когда Фарадею удалось «превратить» магнетизм в электричество. Его опыты доказали, что изменяющееся магнитное поле порождает переменное электрическое поле, что электромагнитное поле существует само по себе, без электрических зарядов или проводников с током — это вид существования материи.

В конце учебного года, как и в предыдущих классах, проводим заключительный интегративный день «Мой «образ природы» в X классе». Методика его подготовки и проведения учащимся уже знакома. За 2—3 недели до «дня» учащиеся повторяют учебный материал физики, химии, биологии, при помощи структурно-логических схем выделяют главные и подчиненные им знания в каждой из изученных по этим предметам тем, составляют таблицу, отражающую структуру знаний, и строят свой «образ природы». Сложность по сравнению с IX классом в том, что в X классе обобщенные естественнонаучные идеи пополнились новым содержанием. Чтобы помочь учащимся выделить знания об обоб-

щенных естественнонаучных идеях, предлагаем им выполнить самостоятельную работу примерно такого содержания:

1. Какие вы знаете основные законы природы? Какое развитие при объяснении основополагающих естественнонаучных понятий они получили в X классе?

2. Какие свойства вещества изучались в X классе? Какой закон служил обобщением знаний о них?

3. Как в строении различных типов кристаллов и в их свойствах проявляются общие закономерности? Какие законы обуславливают разнообразие кристаллов и их свойств?

4. Действием каких общих законов объясняется образование и строение органических молекул?

5. В чем отличие статистических закономерностей от законов механики? В чем общность закона естественного отбора и законов МКТ? Какую роль эти законы сыграли в развитии естественнонаучной картины мира?

6. Какими идеями соединены разделы естествознания, изучаемые в X классе? Какое развитие получает второе начало термодинамики в разделе «Электродинамика»?

Написание и последующий анализ самостоятельных работ позволяет учащимся уяснить содержание фундаментальных закономерностей, ядра естественнонаучных знаний, на основе которого строится схема «образа природы». Самостоятельная работа помогает им обосновать вывод о том, что законы о направленности процессов носят статистический характер, выявить их связь с законом естественного отбора; четче установить роль периодического закона в систематизации знаний о химических и физических свойствах вещества; раскрыть роль первого начала термодинамики в выявлении единства физических, химических, биологических явлений, роль законов сохранения массы вещества и электрического заряда в объяснении частных закономерностей (основного уравнения МКТ, уравнения Менделеева — Клапейрона, законов Джоуля—Ленца, Фарадея, закономерностей параллельного и последовательного соединения проводников и др.). Анализ ответов на вопросы показывает учащимся, что фундаментальные законы природы применялись при объяснении не только явлений макромира, но и свойств материи различных уровней организации (например, закон сохранения и превращения энергии вместе с законами о направленности процессов использовались для объяснения образования простых молекул, органических молекул (макромолекул), кристаллов, а также взаимодействия зарядов, электризации, поляризации диэлектриков, намагничивания ферромагнетиков и др.).

Заключительный интегративный день «Мой «образ при-

роды» в X классе», как и в предыдущих классах, проходит в три этапа: выставка и защита «образов природы», рефератов, решение экспериментальных задач; обсуждение вопросов обобщающего характера; подведение итогов изучения естественнонаучных предметов и интеграции знаний о природе, задания на лето.

Содержание обсуждаемых вопросов может быть произвольным, но в нем должны быть следующие компоненты;

1. Ведущие идеи обобщения и объяснения естественнонаучных знаний в X классе.

2. Структура ЕНКМ, ее основные понятия: а) виды материи, их проявление (три состояния вещества, химические связи, их сущность и проявление в живой и неживой природе); б) виды движения материи (тепловое движение, его проявление в агрегатных превращениях вещества и в химических реакциях; закономерности газового, жидкого, твердого состояний вещества и химических реакций; электромагнитное движение, его проявление в химических связях, межмолекулярных взаимодействиях, в электрических и магнитных явлениях; проявление механического движения в тепловом и электромагнитном движении, в химических явлениях, в живой природе); в) известные виды взаимодействий и силы, ими обуславливаемые, их проявление в природе; г) сходство и различие представлений о пространстве и времени десятиклассника и девятиклассника; д) естественнонаучные знания, могущие служить основанием для составления ЕНКМ в X классе.

3. Сведения о теориях (теории, изучаемые в X классе; основания и ядро каждой из них, выводы, идеализированные объекты; какие из этих теорий играли коренную роль в создании ЕНКМ).

4. Почему в настоящее время физика считается теоретической основой естествознания, лидером его? Какова роль химии и биологии в развитии ЕНКМ?

В X классе следует поощрять составление учащимися экспериментальных задач, лабораторных работ для практикума естествоиспытателя. Нашими учениками, например, были поставлены работы: «Определение типа кристалла по его электропроводности», «Измерение влажности зерна при помощи конденсатора», «Определение температуры тела человека по влажности кожи», «Нахождение скорости диффузии воды посредством осмоса» и др.

6. ФОРМИРОВАНИЕ ЕНМП ВЫПУСКНИКОВ

В выпускном классе изучаются главные понятия и законы диалектического материализма, имеется возможность использовать взаимосвязи курса физики, химии, биологии с обществоведением — на эту особенность интеграции знаний обращаем внимание выпускников уже на первом, вводном интегративном дне.

Особенность интеграции знаний заключается также и в том, что в XI классе рассматриваются все виды взаимодействий, проявление основных законов природы анализируется относительно каждого вида взаимодействия. Закон сохранения энергии применяется здесь для раскрытия дискретности энергии в микромире; устанавливается единство законов сохранения энергии и массы, граница применения закона сохранения массы вещества.

По-новому раскрывается содержание закона о минимуме потенциальной энергии. Оказывается, переход объекта в наиболее вероятное, устойчивое состояние сопровождается уменьшением не только его энергии, но и массы. Например, при образовании атома из протона и электрона между ними возникает связь — некий «мостик» из общего для обоих зарядов электромагнитного поля; при этом энергия электрона и протона уменьшается — в окружающее пространство излучаются кванты энергии (их энергия и есть энергия связи электрона с ядром, она равна ионизации атома водорода). Процесс сопровождается излучением и массы, так что протон и электрон в атоме — это не те протон и электрон, которые существуют сами по себе. Понимание данного факта позволяет учащимся иначе посмотреть на некоторые аспекты развития научной картины мира.

Здесь уместно вспомнить, что Аристотель не мог смириться с тем объяснением образования связи между атомами, которое давалось атомистами. Не мог он поверить в то, что частицы соединяются между собой некими «крючками», которые каким-то образом изменяются при агрегатных превращениях вещества. Он отрицал атомизм и считал, что материя делима до бесконечности. Развитие ЕНKM до некоторой степени подтвердило позицию Аристотеля и его сторонников, показало, что в природе при образовании более сложных структур из менее сложных применяется интересный «клей»: чтобы соединить частицы в более сложный объект, к ним не добавляется нечто, а отбираются масса и энергия. Так образуются ядра из нуклонов, атомы из ядер и электронов, молекулы из атомов, макромолекулы из простых молекул, кристаллы из отдельных микрообъектов. При каждом

микропроцессе в окружающее пространство излучается определенная «порция» энергии — квант. Чтобы разрушить образовавшуюся связь, надо, согласно закону сохранения и превращения энергии, затратить такую же порцию энергии. Сколько бы ни существовала данная химическая связь — определенное соединение частиц — энергия ее будет оставаться той же: течение времени, перемещение в пространстве ее не изменяют. В постоянстве энергии химических связей, устойчивости химических образований, не зависящих от их положения в пространстве и хода времени, проявляется симметрия пространства и времени. (В этом смысле передача наследственных признаков вида посредством ДНК может считаться следствием симметрии пространства и времени.) Таким образом, естествознание XI класса позволяет выявить более глубокое и более обширное содержание идеи сохранения, показать, что симметрия лежит в основе мироздания, раскрыть ее связь с идеей направленности природных процессов.

Получает развитие в выпускном классе и идея периодичности — в физике рассматриваются колебательные и волновые процессы в природе, а в общей биологии — круговороты веществ в биосфере, в химии (и физике) — строение атома и периодический закон.

Как и в предыдущих классах, обобщения формируются здесь в несколько этапов:

I этап — установление связей изучаемого явления с имеющимися знаниями по физике и смежным предметам на основе общих законов и идей;

II этап — структурирование знаний в соответствии с иерархией законов на обобщающем уроке, мировоззренческие выводы (выполнение СЛС);

III этап — генерализация учебного материала по физике и его межпредметных связей в ходе обобщающих уроков, интегративных дней, обзорного повторения на основе общих законов, идей и понятий диалектического материализма;

IV этап — самостоятельная работа над рефератами в процессе подготовки к конференции «Научная картина мира», обобщение естественнонаучных знаний, полученных на протяжении обучения в школе, вокруг понятий, ЕНКМ; конференция и научная картина мира;

V этап — интегративный курс «Эволюция естественнонаучной картины мира».

В таблице 12 приведены варианты вопросов, которые можно использовать при изучении нового материала для целенаправленного применения общих законов природы и естественнонаучных идей.

Тема урока (средства наглядности [18])	Варианты вопросов
1. Закон электромагнитной индукции	<p>Как согласовать возникновение ЭДС индукции на концах проводника с законом сохранения электрического заряда?</p> <p>Как пояснить правило Ленца с помощью закона сохранения и превращения энергии?</p> <p>Почему открытие электромагнитной индукции можно считать экспериментальным доказательством существования поля как вида материи?</p>
2. Самоиндукция	<p>Какие превращения энергии происходят в цепи при включении и выключении источника тока?</p> <p>Как в объяснении явления самоиндукции проявляется идея сохранения?</p>
3. Свободные электромагнитные колебания	<p>Как согласовать с законом сохранения электрического заряда возникновение ЭДС индукции в контуре и уменьшение зарядов на обкладках конденсатора при затухании колебаний? Каким образом затухание свободных колебаний в контуре связано с направленностью процессов в природе? Как процесс колебаний в контуре связан с законами сохранения энергии и электрического заряда?</p>
4. Активное, емкостное, индуктивное сопротивление	<p>Можно ли наличие активного сопротивления в электрических цепях считать признаком необратимости процессов в природе?</p> <p>Какие превращения энергии происходят в цепи с индуктивностью и емкостью?</p>
5. Трансформатор	<p>Не противоречит ли прохождение тока через конденсатор закону сохранения электрического заряда? Почему КПД трансформатора не может быть равным 100%? Какому основному закону природы это противоречило бы?</p>
6. Законы отражения и преломления света	<p>Как применить закон сохранения и превращения энергии к явлениям прохождения световых пучков через границу двух сред?</p> <p>Какие общие законы природы проявляются в действии линз, зеркал?</p>

Тема урока (средства наглядности [18])	Варианты вопросов
7. Интерференция световых волн	Как объяснить интерференцию света на основе закона сохранения и превращения энергии?
8. Принцип относительности Эйнштейна	Каким образом постулаты Эйнштейна развивают идею относительности? Как вывод о конечной скорости электромагнитного поля изменил представление о пространстве и времени?
9. Закон взаимосвязи массы и энергии	Каким образом, используя закон взаимосвязи массы и энергии, можно вывести из закона сохранения энергии закон сохранения массы? Чем отличается понимание сохранения массы в механике Ньютона и теории относительности?
10. Фотоэлектрический эффект	Почему закон взаимосвязи массы и энергии нельзя понимать как закон превращения массы в энергию? Как к объяснению фотоэффекта применить закон сохранения и превращения энергии?
11. Химическое действие света (табл. 12. «Кванты»)	Можно ли сказать, что уравнение фотоэффекта выражает закон сохранения энергии? С помощью какого закона можно показать, что химическое действие света — проявление дискретности энергии в микромире?
12. Ядерная модель атома (табл. 13. «Строение атома и периодический закон»)	Какие превращения энергии происходят при фотосинтезе? Почему он не происходит ночью? Почему человек и многие животные не видят предметов, освещенных инфракрасными лучами? Как озоновый слой поглощает ультрафиолетовое излучение?
	Каким образом квантовые свойства света проявляются в реакции хлорирования метана? в фотографии? Какие числа определяют состояние электрона в атоме?
	Можно ли как-нибудь наглядно представить себе электрон и его движение в атоме? Правомерна ли аналогия между движением электрона в атоме и обращением планеты вокруг Солнца? Что понимается под электронным облаком?
	Как использовать знания о строении атома для построения перио-

Тема урока (средства наглядности [18])	Варианты вопросов
13. Постулаты Бора (табл. 13. «Строение атома и периодический закон»)	<p>дической системы химических элементов?</p> <p>Можно ли считать, что «обратимость» линейчатых спектров испускания и поглощения доказывает действие закона сохранения энергии? Как существование энергетических уровней в атоме подтверждает волновые свойства электрона и квантовые свойства испускаемого атомом света? Какие законы нужно использовать, чтобы объяснить это?</p> <p>Можно ли указать связь между существованием стационарных энергетических уровней, периодичностью движения электронов в атоме и законами сохранения, симметрией пространства и времени?</p>
14. Энергия связи атомных ядер	<p>Почему масса ядра меньше, чем масса исходных нуклонов?</p> <p>Как к объяснению наличия дефекта массы ядра применить законы сохранения массы и энергии?</p> <p>Каким образом в образовании ядер из нуклонов проявляется направленность природных процессов?</p> <p>Как объяснить существование ядер различной устойчивости?</p>
15. Ядерные реакции (табл. 14. «Законы сохранения в микромире»)	<p>Какие общие законы природы позволяют вычислять энергетический выход ядерных реакций?</p> <p>Почему при составлении уравнений ядерных реакций нельзя пользоваться законом сохранения массы вещества, который служит основой составления уравнений химических реакций?</p>
16. Радиоактивность	<p>Подчиняется ли явление радиоактивности закону необратимости процессов в природе? законам сохранения?</p>
17. Биологическое действие радиоактивных излучений	<p>Как объяснить действие радиоактивных излучений на организм с точки зрения закона сохранения и превращения энергии?</p> <p>Почему в последовательности альфа-, бета-, гамма-излучений проникающая способность излучения возрастает, а обусловленные им плотность ионизации и локальные повреждения уменьшаются?</p> <p>Почему рентгеновские и гамма-лучи сильно мутагенны?</p>

Тема урока (средства наглядности [18])	Варианты вопросов
18. Термоядерные реакции (табл. 14. «Законы сохранения в микромире») 19. Элементарные частицы и их свойства (табл. 14. «Законы сохранения в микромире»; табл. 16. «Взаимодействия в природе») 	Чем объясняется тот факт, что радиоактивные цезий-137 и стронций-90 особенно вредны для позвоночных животных? Действием каких общих законов обусловлено выделение энергии при термоядерных реакциях? Каким законам подчиняется взаимопревращаемость элементарных частиц?

Чтобы у учащихся выпускного класса было больше времени на работу с литературой, на повторение материала, можно использовать готовые структурно-логические схемы, которые стали для учеников уже привычным компактным способом изложения сведений. Их целесообразно применять не только при обобщении знаний, но и на вводных уроках, чтобы показать цель изучения данной темы, дать некоторое начальное представление о целостности ее содержания. Например, приступая к изучению темы «Световые кванты. Действия света», показывают, что главными понятиями в ней являются понятия о фотоне и корпускулярно-волновом дуализме частиц (вклейка XI), что связи между ними и другими понятиями будут устанавливаться на основе идей сохранения, направленности природных процессов. Ученикам же можно предложить объяснить ту или иную связь, например, почему понятия «фотон» и «давление света» связаны на СЛС линией, означающей проявление закона сохранения энергии, и т. д.

Ниже приведены примеры вопросов, помогающих ориентировать учащихся выпускного класса на выявление действия фундаментальных закономерностей природы в анализируемых явлениях при повторении и обобщении некоторых тем курса физики.

Электромагнитные колебания

1. Как возникают гармонические колебания в контуре? Действие каких общих законов природы обуславливает их существование?

2. Что общего у механических и электромагнитных гармонических колебаний? Как идея периодичности выражается математически?

3. Как с помощью законов сохранения энергии и электрического заряда, второго начала термодинамики объяснить работу генератора незатухающих колебаний?

4. Каковы характеристики переменного тока и чем он отличается от постоянного тока? Как определение действующих значений напряжения и силы тока связано с необратимостью процессов в природе?

5. Какие общие законы природы проявляются при электрическом резонансе?

6. Как в трансформации и передаче электрической энергии учитывается закон сохранения и превращения энергии и направленность процессов в природе?

7. Каковы ведущие идеи данной темы? Как они отражаются в основах учения о биосфере? (Круговорот веществ и превращение энергии в биосфере как проявление периодичности и направленности процессов в природе.)

8. Как в колебательных процессах проявляется закон единства и борьбы противоположностей?

Электромагнитные волны

1. Что общего у электромагнитных волн всех диапазонов? Какие законы могут объяснить различия отдельных диапазонов волн?

2. Что переносят радиоволны от передатчика к приемнику — «сигнал», «энергию», «массу»?

3. Как в принципе Гюйгенса проявляется симметрия пространства и времени?

4. Как идея периодичности помогает объяснить интерференцию, дифракцию, дисперсию, поляризацию света?

5. Каким образом можно показать, что в процессе распространения электромагнитных волн проявляются законы единства и борьбы противоположностей, отрицания отрицания, что условиями этого проявления служат симметрия пространства и времени, закон сохранения и превращения энергии?

6. В чем главное отличие друг от друга электромагнитной и механической картин мира? Почему первая более адекватно отражает реальность, чем вторая?

Элементы теории относительности

1. Как теория относительности изменила представление о пространстве и времени в электромагнитной картине мира по сравнению с механической?

2. Известно, что Европа ежедневно получает от Солнца излучение, масса которого эквивалентна массе 5 т вещества.

Какую энергию приносят солнечные лучи? Можно ли процесс излучения считать необратимым?

3. Как в содержании закона взаимосвязи массы и энергии проявляется закон единства и борьбы противоположностей?

4. В чем отличие закона сохранения массы вещества и закона сохранения массы? Как развитие представлений о массе подтверждает ленинский тезис о бесконечности приближения в процессе познания к абсолютной истине?

5. Почему закон сохранения массы вещества остается основой современной химии? Есть ли необходимость учитывать закон сохранения массы при объяснении круговорота веществ в природе?

6. А. Л. Лавуазье считал закон сохранения массы вещества опытным обоснованием общего философского принципа сохранения материи. Как изменился взгляд на этот закон с развитием ЕНКМ? Какие законы в ней служат обоснованием сохранения материи?

Развитие взглядов на природу света

1. Как в корпускулярной теории света Ньютона отражаются представления МКМ?

2. Почему можно утверждать, что дискретность энергии в микромире — одно из основных понятий современной картины мира?

3. Какую роль при объяснении волновых и корпускулярных свойств света играют общие естественнонаучные идеи?

4. К воззрениям какой естественнонаучной картины мира ближе всего взгляд Демокрита на проявление света, если он утверждал: «Видим мы оттого, что в наши глаза попадают видности и остаются там»?

5. Как в развитии взглядов на свойства света проявлялся закон отрицания отрицания и эволюция естественнонаучной картины мира?

Создание квантовой теории

1. Какие общие законы и идеи легли в основу теории Бора о строении атома?

2. Как теория Бора объясняет, почему в стационарном состоянии электрон в атоме не излучает и не поглощает энергии? В соответствии с каким законом природы это происходит?

3. Как можно, используя основные положения квантовой теории и периодическую систему элементов, объяснить, по-

чему органические молекулы в клетках состоят главным образом из атомов водорода, углерода, кислорода, азота?

4. Почему развитие квантовой теории привело к созданию новой ЕНКМ?

В сценарии обобщающих уроков целесообразно включать такие вопросы, которые выводят учащихся на наиболее высокий уровень обобщения — на основе понятий диалектического материализма, изучаемых в обществоведении, и естественнонаучной картины мира. Элемент занимательности сводим в выпускном классе к минимуму, считая, что здесь учащиеся должны в полную меру почувствовать «сладость» интеллектуального труда, несмотря на его тяжесть. Привлекательность такого труда — в широте и глубине мысли, в удовлетворении от создания своей собственной теории объяснения того или иного факта, явления. Если в предыдущих классах преимущество отдавалось работе творческих коллективов учеников, то перед окончанием школы — индивидуальным занятиям или работе в «деятельностных парах», когда лучше выявляются творческие способности каждого.

Как правило, на обобщающих уроках учащиеся отвечают по желанию; слушатели задают отвечающему вопросы, поправляют его, дополняют (задача учителя — вовлечь всех присутствующих в обсуждение рассматриваемых вопросов). Окончательная отметка выступавшим на уроке выставляется после того, как они сдадут отчет об обобщающем уроке, включающий краткое содержание ответов на вопросы, рисунки, схемы. Отчет проверяет кто-либо из одноклассников или из учеников параллельного класса (на следующем обобщающем уроке проверяющий и проверяемый меняются ролями). Те ребята, которые отлично выступили на обобщающем занятии, от отчета освобождаются и получают отметку сразу.

В результате генерализации естественнонаучных знаний на основе общих законов и естественнонаучных идей одиннадцатиклассники приобретают умение делать философские обобщения, являющиеся завершением естественнонаучных обобщений. Так, рассматривая явление электромагнитной индукции, самоиндукции, а потом их роль в образовании электромагнитных колебаний, учащиеся выявляют единство этих явлений. При возникновении ЭДС индукции, самоиндукции, электромагнитных колебаний заряды не появляются, а перераспределяются в проводниках вследствие действия на них изменяющегося электромагнитного поля. Аналогично объясняется прохождение электрического тока через конденсатор: электрические заряды не «перескакивают» через диэлектрик конденсатора, происходит только периодическая

перезарядка его пластин. При этом количество зарядов в системе не меняется: сколько электронов приходит в каждый момент времени к отрицательно заряженной пластине, столько же электронов оттягивается от другой пластины конденсатора к источнику тока, вследствие чего эта пластина заряжается положительно. Когда меняются знаки полюсов источника тока, электроны, «оттягиваясь» от отрицательно заряженной пластины, движутся к пластине, которая была заряжена положительно, перезаряжая конденсатор. В каждый момент времени алгебраическая сумма электрических зарядов в системе равна нулю; ток в ней сводится к колебательному движению свободных электронов от одной обкладки конденсатора к другой.

Эти знания становятся исходными при объяснении возникновения электромагнитных колебаний. Опорой в этом случае служат законы сохранения электрического заряда и энергии. Последний же связан с симметрией времени, что отражено в уравнениях гармонических (механических и электрических) колебаний; периодичность функции косинуса (синуса), выражающая сущность гармонических колебаний, не зависит от момента начала отсчета времени колебаний.

Однако наряду с симметрией, присущей гармоническим колебаниям, наблюдается в этих процессах и асимметрия: все свободные колебания затухают, их энергия в конце концов превращается во внутреннюю, и этот процесс необратим — асимметричен. Перезарядка обкладок конденсатора — проявление порядка в распределении зарядов в цепи; она обусловлена направленным движением электронов, которое всегда сопровождается выделением теплоты. Таким образом, в электромагнитных колебаниях, как и в других явлениях природы, порядок и хаос (закон о минимуме потенциальной энергии, второе начало термодинамики) выступают в единстве и борьбе. Результатом этой борьбы является условие длительного существования электромагнитных колебаний, переменного электрического тока: для поддержания их необходимы генераторы незатухающих колебаний или тока, потребляющие энергию, которая в конце концов рассеивается в окружающем пространстве (нагреваются провода, катушки, трансформаторы и т. д.).

Следует заметить, что в то время, когда изучается эта тема, на уроках общей биологии учащиеся знакомятся с основами учения о биосфере. Поэтому действие генератора тока и электромагнитных колебаний, затрачивающих энергию на поддержание периодического движения электронов, и действие солнечной энергии в биосфере учащиеся могут

рассматривать
правленности
солнечной энер
ществ, которые
«Пройдя» при
превращается
торое уже не
сопоставления
ние о единстве
периодических
ратимого рассе
ность.

В распротр
могут заметить
на представляе
борствующих»
ство симметри
в постоянстве
поля в энергию
ство и время не
в том, что при
в окружающей
образом, объяс
формирование
и борьбы прот
странства и вр

Обобщая з
ности», нужно
ления о прост
мира от предс

Из курса I
ности простран
Г. Галилеем и
инерции и сохр
пространстве
рованной сист
и их взаимодей
из этих тел мат
родности време
щения энергии.
процессов прир
абсолютного на
однородности п
стержневой в на
Теория отно
развитием этой

рассматривать с точки зрения идей периодичности и направленности процессов в природе. Благодаря поглощению солнечной энергии в биосфере происходит круговорот веществ, который также является периодическим процессом. «Пройдя» при этом по пищевой цепи, солнечная энергия превращается в энергию электромагнитного излучения, которое уже не способно вызвать реакции фотосинтеза. Из сопоставления этих процессов следует философское обобщение о единстве и борьбе, с одной стороны, стабильности периодических макропроцессов и, с другой стороны, необратимого рассеяния энергии, разрушающего эту стабильность.

В распространении электромагнитной волны ученики тоже могут заметить единство и борьбу противоположностей: волна представляет собой взаимопревращение двух «противоборствующих» полей — электрического и магнитного, единство симметрии и асимметрии. (Симметрия проявляется в постоянстве процесса превращения энергии магнитного поля в энергию электрического поля, и наоборот; пространство и время не могут его изменить. Асимметрия проявляется в том, что при распространении волны энергия рассеивается в окружающей среде; это необратимый процесс.) Таким образом, объяснение конкретных явлений — это всегда и формирование понятия о ядре диалектики — законе единства и борьбы противоположностей, и раскрытие свойств пространства и времени, их проявление в процессах природы.

Обобщая знания по теме «Элементы теории относительности», нужно, чтобы учащиеся уяснили отличие представления о пространстве и времени в современной картине мира от представления о них в МКМ.

Из курса IX класса учащиеся знают, что идея однородности пространства утвердилась в науке после того, как Г. Галилеем и Р. Декартом были сформулированы принципы инерции и сохранения импульса и показано, что в мировом пространстве нет выделенной точки — начала привилегированной системы отсчета, а расстояния между телами и их взаимодействия не зависят от движения состоящей из этих тел материальной системы. Утверждение идеи однородности времени связано с законом сохранения и превращения энергии. В XIX в. была показана независимость процессов природы от их смещения во времени и отсутствие абсолютного начала отсчета времени. Таким образом, идея однородности пространства и времени (симметрии) была стержневой в науке XVII—XIX вв.

Теория относительности Эйнштейна стала дальнейшим развитием этой идеи: в ней пространство и время оказались

зависимыми не только друг от друга, но и от распределения материи в мире. Согласно Эйнштейну, распределение материи в мире изменится, если перейти от одного периода времени к другому, от одной области пространства к другой. Вместе с тем однородность связанных между собой пространства и времени (иначе: пространства — времени) означает, что пространственно-временная связь двух событий не зависит от того, какая точка Вселенной выбрана в качестве начала отсчета; любая из них может играть роль подобного начала. Представление об однородном пространстве — времени вошло в новую естественнонаучную картину мира, отличную от механической, где пространство и время существовали, никак не связанные между собой и с материальными объектами.

В связи с утверждением в науке теории относительности изменилось понимание массы как инвариантной характеристики объекта при переходе от одной системы отсчета к другой, раскрылась ее взаимосвязь с энергией — другой главнейшей характеристикой материального объекта. Учитывая эту взаимосвязь, учащиеся выводят закон сохранения массы из закона сохранения энергии для замкнутой системы, а сопоставляя его с законом сохранения массы вещества, заключают, что последний является приближенным законом. Однако в химических реакциях, тепловых, механических, электромагнитных, биологических процессах эквивалентное изменению энергии изменение массы таково, что им можно пренебречь. По отношению к этим процессам закон сохранения массы вещества выступает как общий закон природы. При объяснении же ядерных реакций следует использовать закон сохранения массы. Так учащиеся приходят к выводу, что основные законы — не конечные истины, процесс познания бесконечен.

Анализируя содержание закона взаимосвязи массы и энергии, школьники обнаруживают в нем выражение единства и борьбы противоположностей: он показывает взаимозависимость двух важнейших атрибутов материи, характеризующих ее с противоположных сторон, — инертности и движения. Это философское обобщение помогает ученикам понять, что закон взаимосвязи энергии и массы не утверждает тождества этих величин. Смысл его не в том, что масса превращается в энергию или наоборот, а в том, что всякое превращение энергии из одного вида в другой сопровождается эквивалентным ему изменением массы.

Конкретизировать этот вывод можно, рассматривая образование различных структурных элементов материи. При возникновении ядра из нуклонов, атомов из ядра и элект-

ронов, молекул из атомов уменьшается энергия и масса системы частиц, из которых образуется новая структура. Именно по дефекту массы ядра оценивается энергия связи нуклонов в нем. Энергия, излучившаяся в окружающее пространство вместе с эквивалентной ей массой при образовании ядра, равна той энергии, которую нужно затратить, чтобы ядро распалось на исходные нуклоны. Рассматривая с точки зрения рассеяния энергии и массы необратимые процессы усложнения структурных элементов материи, мы по-новому раскрываем и необратимость процессов в природе. Подчеркиваем, что при усложнении структуры, с одной стороны, увеличивается масса объекта, с другой — происходит уменьшение массы системы (и соответствующей ей энергии) по сравнению с массой (и энергией) исходных частиц, рассеивание ее и энергии в пространстве. Так обобщение знаний на основе общего закона логически завершается обобщением философского характера — раскрытием проявления закона единства и борьбы противоположностей.

На протяжении всего курса физики общие законы природы в XI классе, как и в X, служат методом объяснения явлений и решения задач, что формирует в сознании учеников обобщения, лежащие в основе современной естественнонаучной картины мира. Чтобы выяснить подробно, как это происходит, рассмотрим для примера формирование понятия о дискретности энергии в микромире. Учащиеся часто усваивают его формально, не понимая, в чем состояли трудности волновой теории в объяснении явления фотоэффекта. Поэтому сначала мы решаем с ними задачу такого типа: «Опыты по фотоэффекту убеждали исследователей, что это явление, если оно наблюдается, то наступает мгновенно. Например, если освещать металлическую пластину, покрытую калием, светом с плотностью потока излучения $I = 10^{-5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$, фотоэффект наблюдается спустя 10^{-7} с. Рассчитайте, через какое время должен возникнуть фотоэффект, если принять положение волновой теории о том, что свет излучается, распространяется и поглощается сплошным потоком. Работа выхода электрона из калия $3,6 \cdot 10^{-19}$ Дж, радиус его атома считайте равным $1,65 \cdot 10^{-10}$ м».

Учащиеся рассчитывают площадь сечения атома калия ($S \approx 8,86 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$) и определяют энергию световой волны, попадающую на атом калия за 1 с ($E \approx 8,86 \cdot 10^{-15}$ Дж). Сравнив ее с энергией, необходимой для вырывания электрона из атома калия, они приходят к выводу, что она в

400 000 раз меньше, т. е. чтобы вырвать электрон, энергия падающей на атом световой волны должна накапливаться 40 000 с (около 6 сут.). Итак, расчет, произведенный на основе представлений волновой теории, не подтверждается на опыте. Безынерционность фотоэффекта эта теория объяснить не может; ее удастся объяснить, допустив, что энергия световой волны излучается, распространяется и поглощается отдельными порциями — квантами, которые «бомбардируют» атомы. Далее на множестве примеров из области химии и биологии ученики убеждаются, что результат взаимодействия в микромире, как и вытекает из квантовой теории, зависит от значения излучаемых или поглощаемых квантов энергии. Если энергии кванта достаточно для того, чтобы вызвать изменение взаимодействующей частицы, приводящее к тому или иному эффекту, этот эффект наступает. Несколько квантов меньшей энергии не могут «собраться» вместе, чтобы вызвать такой же эффект. По крайней мере, вероятность такого события очень мала.

И в заключение с точки зрения квантовых свойств света рассматриваются: поглощение озоновым слоем ультрафиолетовых лучей; реакции, происходящие при получении фотографического изображения; фотосинтез; механизм зрения; другие фотохимические реакции (например, хлорирование метана). При помощи рисунка на вклейке XI учащиеся самостоятельно объясняют эти процессы. Их обдумывание способствует формированию понятия о кванте как основополагающем понятии современной картины мира. Например, выясняя, почему фотоснимки можно проявлять при красном свете, ученики приходят к выводу, что энергии квантов красного света недостаточно для того, чтобы в поглотивших их молекулах $AgBr$ «сорвать» электроны с ионов брома; аналогичное заключение они делают, обдумывая, почему фотосинтез происходит днем, хотя и ночью на листья растений падают инфракрасные лучи, почему мы не видим предметы в инфракрасных лучах.

При ответе на последний вопрос школьники должны вспомнить строение сетчатки глаза (анатомия), явление изомеризации (органическая химия), о начале образования зрительного импульса, которое обуславливает взаимодействие света с молекулами световоспринимающего вещества, находящегося в колбочках и палочках сетчатки глаза. В палочках находится световоспринимающее вещество родопсин, молекулы которого состоят из молекул опсина и окрашенного вещества ретиналя. Молекулы последнего могут существовать в двух изомерических состояниях. При отсутствии видимого света молекула ретиналя пребывает в

«свернутом» состоянии; поглотив квант света достаточной энергии, она вытягивается. Энергия кванта приводит к изменению пространственной структуры в молекулах световоспринимающего вещества — это и есть начало образования зрительного импульса. Глаза большинства обитателей Земли реагируют на солнечный (видимый) свет. Энергии квантов инфракрасного излучения недостаточно для того, чтобы вызвать изомеризацию ретиналя, т. е. начало зрительного импульса. Если бы свет поглощался не квантами, а «сплошным потоком», инфракрасные лучи могли бы вызывать зрительные сигналы. Но тогда... глаза нам были бы не нужны, так как они реагировали бы на любые «совокупные» световые сигналы, скажем, наше тело (даже нос) было бы для глаз ярче Солнца...

Так в процессе рассуждений, «опорными сигналами» для которых служат понятие кванта и закон сохранения и превращения энергии, в единую картину «связывается» массив сведений по физике, химии, биологии и формируется убеждение, что знание общих законов дает возможность объяснить и понять мир.

На обобщающем уроке «Создание квантовой теории» представление о дискретности энергии в микромире (понятие кванта) может быть рассмотрено с точки зрения эволюции теории световых явлений как следствия уточнения картины мира. Так, первая теория световых явлений, созданная И. Ньютоном, оперировала понятием о корпускулах света. Она рождалась, опираясь на представления, господствовавшие в МКМ: прямолинейное распространение света объяснялось действием закона инерции; отражение его уподоблялось отражению упругого шарика от плоскости. Преломление света И. Ньютон, как и Р. Декарт, объяснил притяжением световых частиц (корпускул) преломляющей средой.

Современник И. Ньютона Х. Гюйгенс создал волновую теорию света, но она была намечена им только в общих чертах и во времена МКМ не получила признания. Эта теория утвердилась в науке с развитием МКМ, представлений о непрерывности материи. Волновая теория света, базирующаяся на электродинамике Максвелла, отрицает корпускулярную теорию света Ньютона — порождение механической картины мира. Аналогично и квантовая теория света отрицает электромагнитную теорию, как бы возвращаясь к корпускулярным представлениям. Но это отрицание — не полный возврат к прежней теории МКМ, оно дает новые представления, как и должно быть согласно закону отрицания отрицания. Современная ЕНКМ, в которой

физическая реальность представляется в виде квантовых полей, обладающих свойствами как непрерывности, так и дискретности, утверждает дуализм свойств частиц материи. Так, приходя к обобщениям, получаемых диалектическим материализмом на основе естественнонаучных идей, учащиеся еще раз убеждаются, что мир природы подчиняется универсальным закономерностям бытия, что законы диалектического материализма входят в содержание естественнонаучной картины мира как основания, включающие ее в научную картину мира природы и общества.

Обратившись к содержанию школьных курсов физики, химии, биологии, приходится констатировать, что представления о реальности, характерные для современной картины мира, можно сформировать у учащихся только при самой тесной взаимосвязи этих предметов. Фактически понятия, соответствующие современной научной картине мира (НКМ), рассматриваются лишь в двух последних темах курса физики. Поэтому опора только на физический материал не может обеспечить получение обобщений на уровне НКМ, и, изучая понятие кванта, нужно широко использовать его для объяснения химических и биологических явлений, а рассматривая ядерную модель атома, постулаты Бора, всемерно привлекать представления о волновых свойствах электрона, сформированные при изучении химии. В частности, при закреплении знаний о ядерной модели атома полезно, чтобы учащиеся сопоставили понятия «орбита электрона» и «электронное облако», вспомнили из уроков химии, что размеры, форма и ориентация в пространстве электронного облака отражают волновые свойства электрона.

На следующем занятии, объясняя постулаты Бора, учитель связывает неизменность энергии электрона в стационарном состоянии с его волновыми свойствами. Учащимся доступно понимание того, что, находясь на определенном энергетическом уровне в атоме, электрон, подобно стоячей волне, не излучает и не поглощает энергии (надо только, чтобы при изучении механических волн было дано понятие о стоячей волне). В процессе закрепления знаний о постулатах Бора целесообразно предложить ученикам применить квантовые законы к построению периодической системы химических элементов. При этом они могут воспользоваться таблицей 13 «Строение атома и периодический закон» [18]. Используя позиции 2 и 3 этой таблицы, учащиеся определяют количество заселяемых электронами подуровней в оболочках атомов и соответственно этому число элементов в периодах. Согласно принципу минимума потен-

циальной эн-
энергетическ
электронов,
2 элемента;
подуровней.
8 электронов
тов. Аналог
дующих пери
мических эл
их рассужде
таблицы убеж
ма элементов
электронов в
волновые сво
нию того, что
терии лежит
щего все раз
вещества.

На послед
и квантовые
органических
понятие корпу
понимания св
знаний из об
роль корпуску
из главных п
нейшем идея
включить в
селекции. Рас
ности рентген
связана с бол
ным излучение
квантов геном
последующих п
ственных призна
считать следств
ведь если бы э
сплошным потоком
организма могло
Из изложенн
физики, химии и
туется еще и тем
и идей понятия х
ретическую основу
няемые корпускул
частиц (устойч

циальной энергии, сначала в атомах заселяется самый низкий энергетический уровень. На нем имеется место для двух электронов, следовательно, в первом периоде должно быть 2 элемента; второй энергетический уровень имеет $2s$ и $6p$ подуровней, значит, на этом уровне может разместиться 8 электронов, и во втором периоде должно быть 8 элементов. Аналогично определяется число элементов и в последующих периодах. Обращение к периодической системе химических элементов убеждает учащихся в правильности их рассуждений. Таким образом, теоретическое построение таблицы убеждает учащихся в том, что периодическая система элементов отражает периодичность изменения состояний электронов в атомах, которая, в свою очередь, отражает волновые свойства электронов. Ученики приходят к пониманию того, что корпускулярно-волновой дуализм частиц материи лежит в основе периодического закона, объясняющего все разнообразие физических и химических свойств вещества.

На последующих уроках применяем периодический закон и квантовые законы к объяснению химического состава органических молекул и приводим учащихся к выводу, что понятие корпускулярно-волнового дуализма необходимо для понимания свойств органического вещества. Так обобщение знаний из области химии и биологии позволяет показать роль корпускулярно-волнового дуализма частиц как одного из главных понятий современной картины мира. В дальнейшем идея корпускулярно-волнового дуализма позволит включить в картину мира знания об основах генетики, селекции. Раскрывая причины сильной мутагенной способности рентгеновских и γ -лучей, ученики понимают, что она связана с большой (по сравнению с видимым и инфракрасным излучением) энергией их квантов. Поглощение таких квантов геном в состоянии изменить его структуру, что в последующих поколениях проявляется в изменении наследственных признаков. Вместе с тем постоянство видов можно считать следствием дискретности энергии в микромире: ведь если бы энергия поглощалась геном не квантами, а сплошным потоком, то даже инфракрасное излучение самого организма могло бы, накапливаясь, вызывать мутации.

Из изложенного ясно, что необходимость взаимосвязи физики, химии и биологии при формировании ЕНКМ диктуется еще и тем, что только с помощью общих законов и идей понятия химии и биологии обретают глубокую теоретическую основу. К тому же, обобщая все явления, объясняемые корпускулярно-волновыми свойствами элементарных частиц (устойчивость атомов, спектральный анализ, фото-

эффект, фотохимические реакции в неживой и живой природе, в том числе фотосинтез и зрение, химические связи, свойства неорганических и органических веществ, наследственность и мутации и, значит, эволюция в живой природе), можно сделать вывод о том, что современная естественнонаучная картина мира в корне разрушила механистический детерминизм. В ней в основе объяснения всех явлений природы на микроуровне лежит представление о частицах со свойствами волны. Для нее невозможно, как для частиц материи в предыдущих картинах мира, с абсолютной точностью определить скорость и положение частицы в пространстве. И не потому, что не владеем совершенными методами такого определения. Это вытекает из самой природы элементарных частиц, из их двойственных, корпускулярно-волновых свойств.

На обобщающем уроке завершаем формирование понятий о дискретности энергии в микромире и корпускулярно-волновом дуализме элементарных частиц, их вероятностном характере движения, а также других важных понятий современной ЕНКМ — о взаимопревращаемости элементарных частиц и взаимодействиях в природе. Изученные ядерные и термоядерные реакции, взаимопревращения элементарных частиц рассматриваются здесь с точки зрения процессов, лежащих в основе микроявления, что позволяет сделать вывод: согласно современным научным представлениям нет неизменных конечных сущностей, как они представлялись в предыдущих картинах мира; утверждая вечность мира, современная ЕНКМ не ищет неизменных вечных «кирпичиков» мироздания, она опирается на законы сохранения, которым подчиняются все процессы природы, в том числе взаимопревращения элементарных частиц. Одновременно все известные ученикам реакции, включая химические, рассматриваются с точки зрения проявления в них сильных, слабых, электромагнитных взаимодействий. Обобщаются знания о том, что все силы в природе сводятся к четырем видам взаимодействий, проявляющихся в безграничном многообразии явлений.

В конце обобщающего урока учитель подчеркивает, что современная ЕНКМ (ее важнейшие идеи — дискретность энергии в микромире, вероятностное движение элементарных частиц, их взаимопревращаемость, четыре вида взаимодействий в природе) в корне отличается от предыдущих, которые стали ее фрагментами, причем их наиболее общие идеи и законы остались справедливыми и для нее. Развитие картины мира бесконечно. Обобщенные естественнонаучные идеи (сохранения, направленности процессов, пе-

риодичности) играют роль синтезатора знаний, наполняясь с развитием науки новым содержанием и обуславливая непрерывность человеческого познания. Разумеется, могут быть открыты более общие и простые законы природы, чем известные сейчас, тогда они заменят те, что лежат в основе научного объяснения природы на данном этапе развития знаний о ней. Естественнонаучная картина мира — это особое промежуточное звено между философией и естественнонаучными теориями, дающее исторически обусловленное отображение природных связей. Будучи наиболее общей частью естествознания, она больше других его разделов содержит философские принципы и категории. Сущность ЕНКМ составляют представления о материи и ее атрибутах, философские универсальные принципы, которые на протяжении всего развития ЕНКМ уточняются и приобретают более глубокое содержание (материальное единство мира, его познаваемость, развитие, причинность и др.).

Мы подробно остановились на выводах, к которым учащихся приводим на межпредметных обобщающих уроках. Эти выводы и вопросы для обсуждения на таких уроках учитель может использовать и при подготовке к интегративным дням. В XI классе, как и в предыдущих классах, планируется три текущих интегративных дня. Например: «Периодические явления в природе» (электромагнитные колебания и волны, периодический закон, круговороты веществ в природе, сезонные изменения, биоритмы), «Строение и свойства вещества» (строение атома, химические связи в неживой и живой природе, типы кристаллов и физические свойства вещества и др.), «Закономерности процессов микромира» (законы, которым подчиняется протекание химических, биохимических, ядерных и термоядерных реакций).

Следует заметить, что к выпускному классу учащиеся уже овладевают методами формирования ЕНМП, у них вырабатывается привычка к установлению единства знаний о природе и в интегративных днях нет такой настоятельной необходимости, как в предыдущих классах. Однако «дни» такие все же необходимы для контроля и коррекции знаний учащихся общими усилиями учителей, формирования мировоззренческих выводов.

В XI классе в конце учебного года заключительный интегративный день «Мой «образ природы» не проводится. Здесь интеграция знаний осуществляется на уроках обзорного повторения перед экзаменами, в интегративном курсе «Эволюция естественнонаучной картины мира» (который читается во втором полугодии или непосредственно перед экзаменами) и на конференции «Научная картина мира».

Приступая к урокам обзорного повторения, полезно заранее ознакомить учащихся с их содержанием, главным смыслом философских обобщений, которые будут на них обсуждаться. Учащиеся должны знать, что на этих занятиях они не только повторят изученный материал по физике, готовясь к экзаменам, но и проанализируют его с позиций более высокой степени общности, которая стала теперь им доступна благодаря усвоению основ диалектического материализма, современной ЕНКМ. В таблице 13 приведены примерный план обзорных занятий и соответствующий перечень обобщений мировоззренческого характера.

Таблица 13

Тема занятий	Обобщения мировоззренческого характера
1. Механика (структура механической теории, основные понятия механики)	Роль механики в развитии ЕНКМ; основные понятия МКМ; механистический детерминизм, объяснение химических и биологических явлений в МКМ
2. Основные понятия молекулярной физики	Распад МКМ с утверждением эволюционных идей в науке; случайность и закономерность в природе
3. Основы термодинамики	Установление единства знаний на основе закона сохранения и превращения энергии как этап развития ЕНКМ; единство второго начала термодинамики и принципа минимума потенциальной энергии
4. Основные понятия электродинамики	Изменение представлений о видах существования материи, о взаимодействиях в природе; развитие представлений о пространстве и времени в СТО
5. Развитие в науке представлений о строении вещества. Периодический закон	Проявление законов диалектики в эволюции представлений об атоме, электроны. Значение периодического закона для понимания материального единства мира
6. Основные понятия квантовой физики, их использование при объяснении химических и биологических явлений	Формирование понятия о дискретности энергии в микромире и корпускулярно-волновом дуализме частиц; основные понятия ЕНКМ, их отличие от понятий МКМ

Поскольку по химии, биологии и обществоведению также проводятся уроки обзорного повторения, целесообразно планировать их так, чтобы занятия, близкие по содержанию, проводились в один день. Например, можно сосредоточить вместе уроки по физике, посвященные молекулярной физике, по химии — закономерностям химических реакций, по биологии — эволюционному учению, по обществоведению —

категориям необходим
возможно рассмотреть
вещества (физика), ст
(химия), химический
тия), законы переход
ественные и отрица
договоренности межд
кое построение уроков
тивный. Только здесь
учителем, интеграция
жания уроков и после
на фундаментальные
диалектического мате

Если в школе н
люция ЕНКМ», то
выпускными экзамен
эволюции ЕНКМ и
витием общества, уч
опираться на свои з
Особое внимание
ной работе ученико
гаются учителями ф
обществоведения в
надцатиклассник мо
мету; при раскрыти
дисциплин, умение
на их основе естес
зренческие выводы
фератов:

Физика

1. Механические
2. Взаимодейс
3. Закон сохр
4. Симметрия
5. Электромат
6. Проявление
7. Законы заряда
8. Объяснение
9. Направленно
10. Дискрет

категориям необходимости и случайности. В другой день возможно рассмотреть развитие представлений о строении вещества (физика), строение атома и периодический закон (химия), химический состав органических веществ (биология), законы перехода количественных изменений в качественные и отрицания отрицания (обществоведение). При договоренности между учителями названных предметов такое построение уроков превратит школьный день в интегративный. Только здесь каждый урок будет проводиться одним учителем, интеграция знаний проявится в подборе содержания уроков и последовательности его изложения с опорой на фундаментальные закономерности природы и понятия диалектического материализма.

Если в школе не читается специальный курс «Эволюция ЕНКМ», то во время интегративных дней перед выпускными экзаменами следует 2—3 из них посвятить эволюции ЕНКМ и обусловленности ее историческим развитием общества, учитывая, что учащиеся могут при этом опираться на свои знания по обществоведению.

Особое внимание в XI классе уделяется самостоятельной работе учеников над рефератами. Их темы предлагаются учителями физики, химии, биологии, астрономии и обществоведения в начале учебного года. Каждый одиннадцатиклассник может выбрать себе тему по любому предмету; при раскрытии ее он должен показать знание и других дисциплин, умение выделить главные понятия и обобщить на их основе естественнонаучные знания, сделать мировоззренческие выводы. Приводим примерный перечень тем рефератов:

Физика

1. Механическое движение и его закономерности.
2. Взаимодействия и силы в природе.
3. Закон сохранения и превращения энергии в макропроцессах.
4. Симметрия в природе.
5. Электромагнитные взаимодействия в природе.
6. Проявление в макропроцессах закона сохранения электрического заряда.
7. Законы сохранения в микромире.
8. Объяснение явлений природы на основе квантовых представлений.
9. Направленность процессов и ее роль в структурной организации материи.
10. Дискретность материи и ее проявление в законах сохранения.

Химия

1. Экзотермические и эндотермические процессы в природе.
2. Закон сохранения массы вещества и его проявление в окружающем мире.
3. Строение атома и роль периодического закона в объяснении его свойства.
4. Законы сохранения в химических процессах.
5. Направленность химических процессов.
6. Строение вещества и его свойства.
7. Общие законы, проявляющиеся при образовании органических веществ.
8. Химические связи и их проявление в неживой и живой природе.
9. Химические и физические свойства воды и ее роль в природе.
10. Развитие химического производства и защита окружающей среды.

Биология

1. Физико-химические основы дыхания и питания организмов.
2. Энергетика живых систем.
3. Условия существования жизни на Земле.
4. Взаимопревращения энергии и круговорот веществ в биосфере.
5. Роль биологии в утверждении эволюционных идей.
6. Учение Вернадского и его роль в развитии естественных наук.
7. Проявление общих законов природы в процессах фотосинтеза.
8. Роль человека в эволюции биосферы.
9. Использование в биологии физико-химических методов исследования.
10. Значение открытий в области физики и химии для прогресса биологической науки.

Обществоведение

1. Научное обоснование вечности мира.
2. Роль закона сохранения и превращения энергии в причинном объяснении явлений природы.
3. Проявление закона единства и борьбы противоположностей в строении вещества.

Астрономия (с элем

1. Развитие взглядов естествонаучной картины мира.
2. Периодические явления эволюции биосферы.
3. История Земли и климата Земли; климатический и его отражение в природе.
4. Климат Земли; климатический и его отражение в природе.
5. Вполне возможен, которыми ученики за с приведенном по уроками обзорного использовать на эти шихся, но и организ ветствующих рефера задать защищающен Возможен в этом с реферата проведен ния, теоретический у учащимися и учител быть рассмотрены с учителем заранее). На одну и ту же работы учащегося, учащиеся подхо

4. Роль периодического закона в развитии материалистического мировоззрения.

5. Случайность и закономерность в природе, их взаимосвязь в статистических законах.

6. Развитие представлений о формах существования материи в процессе эволюции естественнонаучной картины мира.

7. Формы движения материи в современной естественнонаучной картине мира и их связь с взаимодействиями в природе.

8. Всеобщая взаимосвязь и взаимная обусловленность природных явлений и их раскрытие на основе общих законов природы.

9. Подтверждение материального единства мира при помощи общих законов природы.

10. Познаваемость мира и бесконечность процесса познания, их обоснование эволюцией естественнонаучной картины мира.

Астрономия (с элементами физической географии)

1. Развитие взглядов на Вселенную в процессе эволюции естественнонаучной картины мира.

2. Периодические явления во Вселенной; их влияние на эволюцию биосферы.

3. История Земли и биосферы.

4. Климат Земли; причины изменения климатических условий и его отражение в развитии биосферы.

Вполне возможен выбор не этих тем, а, например, тех, которыми ученики занимались в IX—X классах.

В приведенном перечне некоторые темы тесно связаны с уроками обзорного повторения, что позволяет не только использовать на этих занятиях углубленные знания учащихся, но и организовать на обзорном уроке защиту соответствующих рефератов, когда и учителя и учащиеся могут задать защищающему любой вопрос по теме его реферата. Возможен в этом случае и такой вариант: замена защиты реферата проведением учеником урока обзорного повторения, теоретический уровень которого оценивается совместно учащимися и учителями (круг вопросов, которые должны быть рассмотрены на этом уроке, обсуждается учеником с учителем заранее).

На одну и ту же тему может быть несколько рефератов, поскольку каждый из них — результат индивидуальной работы учащегося, отражающий его взгляд на мир. Одни учащиеся подходят к объяснению мира, используя глав-

ным образом математические уравнения и компьютер, другие с практической точки зрения, третьи выбирают философскую трактовку или поэтическое описание. Например, реферату «Законы сохранения и обоснование вечности мира» Светлана К. (средняя школа № 28 г. Полтавы) предпослала эпиграф: «Была мотыльком до рожденья, деревом или звездой — не помню. Но знаю: была и буду — мгновение вечности» (Роза Ауспендер. «Но я знаю»). И начала его лирическим рассказом о чувствах, которые вызвало у нее обращение к законам сохранения: «Почему мне часто вспоминается темное небо, перечеркнутое падающей звездой? Может быть, потому, что ее падение напоминает человеческую жизнь, которая для вечности — мгновение? А что потом? В чем найти опору, чтобы знать: не исчезну я в этом мире?..» Затем она перешла к характеристике законов сохранения, примерам их проявления в физических, химических и биологических явлениях, к их связи с симметрией и упорядоченностью явлений в мире. Отметив, что древние греки из идеи симметрии выводили идею всеобщей справедливости, она снова обращается к человеку:

«Что ты смог за свой недолгий век?

Что успел постигнуть, человек?»

В законах природы эта ученица увидела опору для осмысления мира и места человека в нем.

В заключение остановимся на методике подготовки и проведения конференции «Научная картина мира», цель которой сделать завершение изучения естествознания праздником, запоминающимся для выпускников школы и даже их родителей.

Для создания праздничной обстановки на конференции выбирается оргкомитет, члены которого могут красочно оформить актовый зал (или кабинет), подобрать музыкальное сопровождение к докладам, сделать приятные музыкальные паузы, отобрать и изготовить слайды, иллюстрирующие сообщения, и т. д.

В зале размещается также выставка фотографий — «портретов» законов природы (различных интересных явлений), таблицы, иллюстрирующие важные события в развитии Вселенной, Земли, биосферы, человеческой мысли. На отдельных столах раскладываются рефераты учащихся, интересно иллюстрированные структурно-логические схемы.

Конференция проходит целый день — на протяжении 4—6 уроков (в зависимости от того, сколько должно быть заслушано и обсуждено рефератов); на нее приглашаются родители. Открыть ее можно, как это было, например, в сред-

ней школе № 32
не нами» (где
не нами, этот ми
на экране березо
майского солнца.
настраивает зал
тины мира близк
в упомянутой шк
физико-математи
тута Оля Онофри
...Без этой ска
О мать приро
Там везде чуд
Там вокруг ни
И радость там
Над тобою и
Проходила ко
следующей прогр
1. Музыкальн
2. Эволюция
тель физики).
3. Структура
ведения).
4. Современн
астрономии).
(Музыкальна
5. Вклад хим
мира (учитель х
6. Учение о
мира (учитель б
7. Вопросы к
(Пауза. Чтен
8—16. Сообш
паузами: «Карт
законы природы
рия в природе»,
атома и период
роде и общие
тика живых сист
«Условия сущес
17. Заклю
ная концовка.
Выступления
пускники этой
собии методик
«Эволюция

ней школе № 32 г. Полтавы, песней «Этот мир придуман не нами» (где повторяются слова «Этот мир придуман не нами, этот мир придуман не мной») и демонстрацией на экране березовой рощи, по-весеннему свежей, в лучах майского солнца, а также заката над рекой и т. п. Это настраивает зал на торжественный лад, делает понятие картины мира близким учащимся. Закончилась конференция в упомянутой школе песней, которую написала студентка физико-математического факультета Полтавского пединститута Оля Онофриенко:

...Без этой сказки прожить мы не смогли бы...

О мать природа, за все тебе спасибо!..

Там везде чудеса, там высокие небеса.

Там вокруг ни души, и речка вьется в тиши,

И радость там глубока, и над зеленой листвою,

Над тобою и мною там поют облака.

Проходила конференция в течение четырех уроков по следующей программе:

1. Музыкальное вступление.

2. Эволюция естественнонаучной картины мира (учитель физики).

3. Структура научной картины мира (учитель обществоведения).

4. Современные представления о Вселенной (учитель астрономии).

(Музыкальная пауза. Перерыв.)

5. Вклад химии в развитие естественнонаучной картины мира (учитель химии).

6. Учение о биосфере и его вклад в развитие картины мира (учитель биологии).

7. Вопросы к учителям и их ответы.

(Пауза. Чтение стихов и показ слайдов.)

8—16. Сообщения учеников, прерываемые музыкальными паузами: «Картины мира древних мыслителей», «Основные законы природы и обоснование вечности мира», «Симметрия в природе», «Строение и свойства вещества», «Строение атома и периодический закон», «Химические связи в природе и общие законы, в них проявляющиеся», «Энергетика живых систем», «Учение Дарвина и вклад его в ЕНКМ», «Условия существования жизни на Земле».

17. Заключительное слово учителя физики. Музыкальная концовка.

Выступления учителей были обусловлены тем, что выпускники этой школы учились по описанной в данном пособии методике всего один год, а факультативный курс «Эволюция естественнонаучной картины мира» посещали

не все, и понятиями ЕНКМ они овладели не на том уровне, чтобы ответить на все вопросы участников конференции. При использовании предлагаемой методики на протяжении VII—XI классов учащиеся могут самостоятельно вести всю программу конференции. В таком случае ее можно построить следующим образом.

Вначале выступает ученик, который кратко характеризует этапы развития Вселенной, Земли, биосферы. После музыкального вступления, вслед за словами песни «Этот мир придуман не нами», он подходит к таблице «Хронология творения» и кратко рассказывает о том, как возник наш мир, подчеркивая, что все в нем подчинено определенным законам, и человек, пришедший в мир, должен познать эти законы, чтобы жить в согласии с природой, потому что только такая жизнь необходима обществу и счастлива для самого человека.

Затем другой ученик читает стихи Б. Ахмадулиной:

...И я познаю мудрость и печаль,
Свой тайный смысл доверят мне предметы.
Природа, прислонясь к моим плечам,
Откроет свои детские секреты.
И вот тогда из слез, из темноты,
Из бедного невежества бывшего
Друзей моих прекрасные черты
Появятся и растворятся снова...

На экране в это время видна задумчивая ворона, собачка, нюхающая цветок, бабочка... «Друзей моих прекрасные черты...» Появляется цветок сон-травы. Одиннадцатиклассник говорит: «Можем ли мы понять, почему этот цветок ранней весны имеет такую форму? Почему он такого прекрасного нежно-лилового цвета?» Ученик рисует на доске схему цветка и продолжает: «Форма цветка такова, что отраженные от его лепестков солнечные лучи фокусируются в самой его главной части — там, где образуется завязь. И если температура воздуха даже 0°C , здесь тепло — не менее 8°C . Причем фокусирует цветок лучи главным образом синего и фиолетового цвета (вот почему он нежно-лиловый), т. е. имеющие наибольшую энергию из всех лучей видимого света, а остальные, в том числе желтые и зеленые, на которые приходится максимум в спектре солнечного излучения, поглощает, чтобы «согреться»... Красота цветка — необходимость для него, она обеспечивает ему жизнестойкость.

Итак, основные законы природы помогли нам понять, как цветок живет и дает жизнь последующим поколениям в согласии с этими законами... Прав Гете, сказавший: «В каждом растении ты видишь влияние вечных законов».

На экране появ
природы. Так ока
шихся, которые м
ности:
1. Развитие Во
научной картин
2. История Зо
3. Учение В. И
4. Картины ми
5. Становление
6. Распад меха
7. Основные по
8. Философски
мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Круг вопросов
Он касается ори
на формирование
ственнонаучного
разованной на ос
кономерностей пр
раскрыты в пол
автора, будет по
кого развития де
ственнонаучных
принципы, метод
ментальные зак
ности психичес
ственнонаучное
ходимо для пр
быть заменено
В процессе
познают велик
закономерности
ко всему сущес
подчиняется е
человек беззак
уст матери. Со
аиста, а мать
себя человек с
случаях мать в

При его под
тавр. — М.: Прогр
и биологии. — М

На экране появляются цветы, другие растения, картины природы. Так оканчивается вступление¹ к докладам учащихся, которые можно заслушать в такой последовательности:

1. Развитие Вселенной и взглядов на нее в естественнонаучной картине мира.
2. История Земли и биосферы.
3. Учение В. И. Вернадского о биосфере.
4. Картины мира древних мыслителей.
5. Становление и расцвет механической картины мира.
6. Распад механической картины мира.
7. Основные понятия современной научной картины мира.
8. Философские основы естественнонаучной картины мира.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Круг вопросов, поднятых в данном пособии, обширен. Он касается ориентации естественнонаучного образования на формирование целостности сознания учащихся, их естественнонаучного миропонимания как системы знаний, образованной на основе и при помощи фундаментальных закономерностей природы. Не все затронутые здесь вопросы раскрыты в полной мере, но главная мысль, по мнению автора, будет понята читателем: закономерности психического развития детей требуют, чтобы при изучении ими естественнонаучных предметов содержание знаний, их структура, принципы, методы и формы обучения опирались на фундаментальные закономерности природы. Те же закономерности психического развития детей показывают, что естественнонаучное образование является базовым, оно необходимо для правильного развития сознания и не может быть заменено другим.

В процессе естественнонаучного образования учащиеся познают великую правду природы, ее фундаментальные закономерности, их непрерывность действия по отношению ко всему сущему и приходят к убеждению, что все в природе подчиняется ее единым законам, что «не утвердит себя человек беззаконием». Впервые я услышала эти слова из уст матери. Сосед сбрасывал с крыши своего дома гнездо аиста, а мать качала головой и повторяла: «Не утвердит себя человек беззаконием». И еще во многих подобных случаях мать вспоминала эти слова. Она не умела писать

¹ При его подготовке можно использовать книги: Андайк Дж. Кентавр.— М.: Прогресс, 1966; Ильченко В. Р. Перекрестки физики, химии и биологии.— М.: Просвещение, 1986.

и читать и не могла мне объяснить, кто сказал эти слова. Уже будучи учителем, я часто обращалась к ним, обдумывая результаты своей нелегкой работы.

Как надо учить детей, чтобы они были воспитаны так, как моя мать, глубоко чувствовали единство всего сущего? Чтобы их совесть — со-весть — была вестью каждого из них ко всем другим людям, к каждому растению, животному, земле и небу? Как говорит педагог П. Ф. Каптерев, «воспитывать не значит развлекать, раздроблять, расслаблять; воспитывать значит собирать, сосредоточивать, усиливать и вводить в зрелость». Я попыталась выделить наиболее общие законы природы, которые помогли бы «собирать» в единое целое знания о природе в каждый момент из полученных на любом уроке естественнонаучного предмета, «усиливать» целостность сознания учащихся и тем самым превращать их детское, подчиненное утилитарным интересам сознание в зрелый, автономный ум. Содержание естествознания, анализ эволюции естественнонаучной картины мира, труды психологов дали возможность в качестве таких закономерностей назвать закономерности сохранения, направленности процессов в природе и их периодичности.

Содержание фундаментальных закономерностей природы зависит от уровня развития наук о природе. Может быть, другие авторы выделяют другие закономерности для интеграции и обоснования знаний о природе, получаемых учащимися. Но надеюсь, что настоящая работа станет одним из шагов на путях поисков воспитания с опорой на законы природы, поиска методов обучения, о которых говорил Песталлоцци: «Ход природы в развитии нашего рода неизменен. Не существует и не может существовать двух хороших методов обучения, существует только один хороший метод, и этот метод вполне покоится на вечных законах природы. Худых же методов существует бесконечно много, и неудовлетворительность каждого из них возвышается в той мере, в какой он уклоняется от законов природы, и уменьшается по мере приближения к этим законам. Я хорошо знаю, что единственный хороший метод не находится ни в моих руках, ни в руках какого-либо другого человека, но я стараюсь изо всех сил, какие только у меня есть, приблизиться к этому единственному, истинно хорошему методу». Думаю, что в связи с возрастающей необходимостью экологического воспитания детей все большее количество педагогов и учителей-практиков будет стараться изо всех сил, каждый по-своему, приблизиться к методам обучения и воспитания, покоящимся на вечных законах природы. Потому что это — путь спасения человечества.

1. Энгельс Ф. Соч. — 2-е изд. — М.: Наука, 1977. — 17 с.
2. Баженов М. Л. Теория теории. — М.: Наука, 1977. — 17 с.
3. Бунге М. М. 345 с.
4. Василевский И. Физическая физика и т. 287 с.
5. Вернадский Л. П. Наука, 1977. — 17 с.
6. Волькенштейн Л. Естествознание // С. 41—52.
7. Гамезо М. Г. — М.: Просвещение, 1977.
8. Гончаренко В. Основы формирования естественнонаучной картины мира. Доклады. — М.: Наука, 1986.
9. Давыдов В. П. Опыт теоретической педагогики, 1986.
10. Давыдов В. П. Педагогика, 1977.
11. Друянов В. П. Материалистическое понимание природы. — 1981. — 143 с.
12. Дышлев В. П. Как форма синтеза знания. — М.: Наука, 1981.
13. Дышлев В. П. Мир культуры и культуры. — М.: Наука, 1981.
14. Дышлев В. П. Картина мира? — М.: Наука, 1981.
15. Ефименко В. П. Курс физики. — М.: Наука, 1981.
16. Зверев И. П. В связи с современными проблемами науки. — М.: Просвещение, 1981.
17. Ильченко В. П. Законы природы. — М.: Просвещение, 1981.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Энгельс Ф. Анти-Дюринг // Маркс К., Энгельс Ф. Соч.— 2-е изд.— Т. 20.— С. 25.*
2. *Баженов Л. Б. Строение и функции естественнонаучной теории.— М.: Наука, 1978.— 225 с.*
3. *Бунге М. Философия физики.— М.: Прогресс, 1975.— 345 с.*
4. *Василевский А. С., Мултановский В. В. Статистическая физика и термодинамика.— М.: Просвещение, 1982.— 287 с.*
5. *Вернадский В. И. Размышления натуралиста.— М.: Наука, 1977.— 177 с.*
6. *Волькенштейн М. В. Физика как теоретическая основа естествознания // Физическая теория.— М.: Наука, 1980.— С. 41—52.*
7. *Гамезо М. В., Домашенко И. А. Атлас по психологии.— М.: Просвещение, 1986.— 272 с.*
8. *Гончаренко С. У. Методологические и теоретические основы формирования у учащихся средней школы естественнонаучной картины мира / Дисс. докт. пед. наук в форме научн. доклада.— Киев, 1989.— 55 с.*
9. *Давыдов В. В. Проблемы развивающегося обучения: Опыт теорет. и эксперим. психолог. исследований.— М.: Педагогика, 1986.— 422 с.*
10. *Давыдов В. В. Виды обобщения в обучении.— М.: Педагогика, 1972.— 422 с.*
11. *Друянов Л. А. Место закона в системе категорий материалистической диалектики.— М.: Высшая школа, 1981.— 143 с.*
12. *Дышлевый П. С. Естественнонаучная картина мира как форма синтеза знания // Синтез современного научного знания.— М.: Наука, 1973.— С. 40—48.*
13. *Дышлевый П. С., Яценко Л. В. Научная картина мира и мир культуры // Научная картина мира: Логико-гносеологический аспект.— Киев: Наукова думка, 1983.— С. 37.*
14. *Дышлевый П. С., Яценко Л. В. Что такое общая картина мира? — М.: Знание, 1984.— 64 с.*
15. *Ефименко В. Ф. Методологические вопросы школьного курса физики.— М.: Педагогика, 1976.— 244 с.*
16. *Зверев И. Д., Максимова В. Н. Межпредметные связи в современной школе.— М.: Педагогика, 1981.— 157 с.*
17. *Ильченко В. Р. Перекрестки физики, химии и биологии.— М.: Просвещение, 1986.— 173 с.*
18. *Ильченко В. Р. Взаимосвязи при изучении общих законов природы в школе (физика, химия, биология): Учеб-*

но-наглядное пособие для 7—11 классов.— М.: Просвещение, 1989.— 61 с.

19. *Каптерев П. Ф.* Избр. пед. труды.— М.: Педагогика, 1972.— 704 с.

20. *Карпинская Р. С.* Философские вопросы биологии // Философия, естествознание, современность / Под ред. И. Т. Фролова, Л. И. Грекова.— М.: Мысль, 1981.— С. 303—322.

21. *Карпинская Р. С.* Идеи сохранения и принцип симметрии в современной биологии // Принцип симметрии. Историко-методологические проблемы.— М.: Мысль, 1978.— С. 303—318.

22. *Кац Ц. Б.* Биофизика на уроках физики.— М.: Просвещение, 1988.— 128 с.

23. *Кедров Б. М.* Предмет и взаимосвязь естественных наук.— М.: Изд-во АН СССР, 1962.— 411 с.

24. *Крымский С. Б., Кузнецова В. И.* Мировоззренческие категории в современном естествознании.— Киев: Наукова думка, 1983.— 222 с.

25. *Кудрявцев П. С.* История физики.— М.: Учпедгиз, 1959.— 509 с.

26. *Кузнецов Б. Г.* Эволюция картины мира.— М.: Изд-во АН СССР, 1961.— 353 с.

27. *Кузнецов В. И.* Избранные труды по методологии физики.— М.: Наука, 1975.— 296 с.

28. *Лаэртский Диоген.* О жизни, изречениях, учениях знаменитых философов.— М.: Мысль, 1979.— 619 с.

29. *Лернер И. Я.* Функции коммунистического мировоззрения в содержании образования // Теоретические основы общего среднего образования.— М.: Педагогика, 1983.— С. 62—80.

30. Межпредметные связи курса физики в средней школе / Под ред. Ю. И. Дика, И. К. Турышева.— М.: Просвещение, 1987.— 191 с.

31. *Микешина Л. А.* Научная картина мира как мировоззренческая форма знания // Научная картина мира: Логико-гносеологический аспект.— Киев: Наукова думка, 1983.— С. 62—69.

32. *Мощанский В. Н.* Формирование диалектико-материалистического мировоззрения на уроках физики.— М.: Высшая школа.— 1982.— 88 с.

33. *Мостепаненко М. В.* Естественнонаучная картина мира как итог и как исходная основа исследования в естественных науках // Научная картина мира: Логико-гносеологический аспект.— Киев: Наукова думка, 1983.— С. 38—42.

34. Мултановская
картина мира в ш
ние, 1977.— 167 с.
35. Овчинников
М.: Наука, 1987.—
36. Основы мет
А. В. Перышкина,
М.: Просвещение
37. Пиаже Жа
ние, 1969.— 659 с.
38. Разумовски
учащихся.— М.: Г
39. Рузавин Г
ния и объяснения
витие научного з
науки. Материал
дология науки».—
40. Рубинштей
хического во все
ного мира.— М.:
41. Талызина
тельности учащи
42. Теоретиче
ния / Под ред.
Педагогика, 198
43. Усова А.
ных умений и н
связей // Межпр
дисциплин / По
1980.— С. 40—
44. Чаговец
картине мира
ние.— М.: Нау
45. Энгельс
иерархия, инте
знание, современ

34. *Мултановский В. В.* Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе физики.— М.: Просвещение, 1977.— 167 с.

35. *Овчинников Н. Ф.* Тенденция к единству знания.— М.: Наука, 1987.— 272 с.

36. Основы методики преподавания физики / Под ред. А. В. Перышкина, В. Г. Разумовского, В. А. Фабриканта.— М.: Просвещение, 1984.— 339 с.

37. *Пиаже Жан.* Избр. психол. труды.— М.: Просвещение, 1969.— 659 с.

38. *Разумовский В. Г.* Развитие творческих способностей учащихся.— М.: Просвещение, 1975.— 271 с.

39. *Рузавин Г. И.* Герменевтика и проблемы понимания и объяснения в научном познании // Структура и развитие научного знания. Системный подход к методологии науки. Материалы VIII Всесоюзн. конф. «Логика и методология науки».— М.: 1982.— С. 42—45.

40. *Рубинштейн С. П.* Бытие и сознание: О месте психического во всеобщей взаимосвязи явлений материального мира.— М.: Изд-во АПН РСФСР, 1957.— 328 с.

41. *Талызина Н. Ф.* Формирование познавательной деятельности учащихся.— М.: Знание, 1983.— 96 с.

42. Теоретические основы общего среднего образования / Под ред. В. В. Краевского, И. Я. Лернера.— М.: Педагогика, 1983.— 352 с.

43. *Усова А. В.* Формирование у школьников обобщенных умений и навыков при осуществлении межпредметных связей // Межпредметные связи естественноматематических дисциплин / Под ред. В. Н. Федоровой.— М.: Просвещение, 1980.— С. 40—58.

44. *Чаговец Р. В., Депенчук Н. П.* Биология в научной картине мира // Биология и современное научное познание.— М.: Наука, 1980.— С. 144—160.

45. *Энгельгардт В. А.* О некоторых атрибутах жизни: иерархия, интеграция, «узнавание» // Философия, естествознание, современность.— М.: Мысль, 1981.— С. 91—107.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Теоретические основы формирования естественнонаучного миропонимания учащихся	7
1. Миропонимание и систематизация знаний	—
2. Психолого-педагогические проблемы систематизации знаний и формирования целостного миропонимания	14
3. Принципы формирования ЕНКМ и содержание естественнонаучного образования	21
4. Основания естественнонаучной картины мира	28
5. Отражение фундаментальных закономерностей природы в содержании естественнонаучного образования	39
6. Изменение учебных программ с целью их ориентации на формирование ЕНКМ	54
7. Методы формирования ЕНКМ и их роль в выделении ядра естественнонаучного знания	63
8. Содержание знаний, входящих в обобщенные естественнонаучные идеи	77
Глава II. Формирование естественнонаучного миропонимания	91
1. Методические проблемы формирования ЕНМП и организация работы учителей	—
2. Пропедевтическое формирование «образа природы» в VII классе	97
3. Формирование ЕНМП учащихся VIII класса	108
4. Формирование ЕНМП учащихся IX класса	129
5. Развитие ЕНМП учащихся X класса	142
6. Формирование ЕНМП выпускников	161
Заключение	187
Литература	189

Учебное издание

Ильченко Вера Романовна

ФОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МИРОПОНИМАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Зав. редакцией **Н. В. Хрусталь**. Спец. редактор **А. В. Чеботарева**.
Редактор **Г. Н. Федина**. Младший редактор **Е. В. Казакова**. Художествен-
ный редактор **В. М. Прокофьев**. Технический редактор **Н. Н. Бажанова**.
Корректор **Н. С. Соболева**.

ИБ № 14293

Сдано в набор 04.10.91. Подписано к печати 24.04.92. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. типогр. № 2.
Гарнит. литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,08+0,84 вкл.+0,21 форз. Усл. кр.-отт.
14,54. Уч.-изд. л. 11,71+0,80 вкл.+0,25 форз. Тираж 12 000 экз. Заказ 527.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и
информации Российской Федерации. 127521, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с диапозитивов Саратовского ордена Трудового Красного Знамени полиграфиче-
ского комбината Министерства печати и информации Российской Федерации. 410004, Саратов,
ул. Чернышевского, 59 на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом
комбинате Министерства печати и информации Российской Федерации. 142300, г. Чехов Мо-
сковской области.

научного	3
знаний	7
ственно-	14
ды в со-	21
ции на	28
ии ядра	39
ственно-	54
	63
	77
я	91
низация	—
в VII	—
	97
	108
	129
	142
	161
	187
	189

В. Чеботарева.
Художествен-
Н. Бажанова.

Бум. типогр. № 2.
форз. Усл. кр.-отг.

истерства печати и
рощи, 41.

амени полиграфиче-
ни. 410004, Саратов,
ом полиграфическом
42300, г. Чехов Мо-

5.00

30



ШОРМИРОВАННИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО
В. Р. ИЛЬЧЕНКО

МИРОПОНИМАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ